

**“Creación de entornos adaptativos móviles:
recomendación de actividades y generación
dinámica de espacios de trabajo basadas en
información sobre usuarios, grupos y contextos”**

TESIS DOCTORAL

Departamento de Ingeniería Informática
Escuela Politécnica Superior
Universidad Autónoma de Madrid



Estefanía Martín Barroso
Directora: Rosa M. Carro Salas

Octubre 2008

Postgrado en Ingeniería Informática y de Telecomunicación

Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias a muchas personas, empezando por mis profesores de la carrera, compañeros de trabajo, amigos y familia. La principal “culpable” de que yo empezase todo esto fue Pilar, que un día en clase de Sistemas Operativos II me hizo proposiciones “indecentes” sobre una posible beca en el departamento (¿qué vería en mí? ☺). Me contó de qué iba el proyecto, me gustó y así empecé. Estuve trabajando con Rosa, Pilar y Estrella montando cursos adaptativos donde participaron muchos profesores del departamento. Ángel y Eugenio fueron el soporte logístico. Y, ¿a que no sabéis quien me ayudó en los diseños de todo el material web? Juana!!!! Que aparte de solucionar la vida a medio departamento también se dedicó a echarme un cable maquetando todos los contenidos. ¡Mil gracias! (por eso, y por todos los marrones “in extremis” que me habéis solucionado tanto tú como Marisa)

Luego empezamos con el proyecto del “Corte Inglés” donde conocí a un “pequeño” amigo, David, con el que pasé momentos muy buenos como el “rm -rf *” del código fuente de lo que estábamos haciendo ☺. En este proyecto estuve con “el jefe”, Alvaro, con el que manteníamos “charlas” constructivas acaloradas y todo el mundo se pensaba que estábamos discutiendo, jeje. Qué Alvaro, ¿te dí mucha guerra? En este proyecto también conté con la ayuda inestimable de Javier Martínez, que fue mi profesor de Redes. Todavía me acuerdo cuando le pregunté cómo simular distintas IPs desde el mismo ordenador y me hacía dibujitos para averiguar cuántas tarjetas de red tenía en el ordenador (ya había sido mi profe y conocía mis aptitudes para las redes....).

Después de esto me salió una plaza en la URJC y para allá fui. Allí conocí a dos grandes amigos como son Isi y Mayte, que me apoyaron en momentos muy difíciles para mí. Chicos mil gracias por estar ahí!!! Tuve compañeros geniales como Jaime, Manuel, Juanjo, Patxi, y muchos otros, con los que ahora empiezo una nueva etapa. Muchas gracias a Ángel, por confiar en mí, y en especial a Maxi, Liliana, Isi, Mayte y Jaime por facilitarme la vida para que terminase esta tesis y hacerme la vuelta estupenda!

A los dos años de estar en la URJC, volví de nuevo a la UAM ¡vuelta a casa!. Entré en el laboratorio B-207 donde están unas personas geniales como Pedro, Leila, ManuF y Javi y algún que otro infiltrado como Germán, Miguel o ManuH que vienen de vez en cuando a darnos la “plasta”, y otros que se fueron, pero siguen apuntándose a las juergas como Fran, Oscar o Abraham. Gracias a todos y perdón por si alguna vez he dado más de un ladrido inapropiado (¡y no os apropiéis de mis malas costumbres!).

A mi vuelta, Rosa se convirtió en mi directora de tesis. Yo creo que estaba loca cuando aceptó :p. Siempre me ha tirado de las orejas cuando lo ha tenido que hacer, me ha guiado durante todos estos años desde que empecé la beca (¡¡¡¡siete años!!!) y ha aguantado multitud de mis “pataletas”. ¡Qué peso te vas a quitar de encima! Eh? ☺☺☺ Muchísimas gracias por todo Rosa y dile a Alicia que ya no le “robaré” más tardes-noches a su mamá por trabajo. ¡¡Ahora a reformarse (y coge de la oreja a Álvaro también)!! Ya solamente nos doparemos con chocolate en las celebraciones (¡Hurra por los botes de lacasitos gigantes!)

El trabajo presentado en esta tesis tampoco hubiese sido posible sin la ayuda de Tere, María y Salva, que trabajaron como campeones, y de los alumnos que probaron el sistema. ¡Gracias!

También agradecer todo el apoyo a mis amigos “de fuera”, Pili, Ferrys, Eva, Roberto, Fer, Aricha, Gemma e Isa.

A mis padres, Enrique y Mary, y a mi hermana Vanesa, por haber estado siempre ahí apoyándome a pesar de algunas rebeldías... (tampoco me he “descarriado” no?) ☺☺☺. Gracias por haberme apoyado en todo lo que he hecho y por estar ahí en todos los momentos.

Y por último a Pablo, un chico maravilloso que se dejó “engatusar” por un “quédate conmigo” (¡qué brujilla que fui!, eh?) y sin el que todo este trabajo tampoco hubiese sido posible, ya que nunca se cansó de “auparme” cuando lo necesité. Mil gracias minino, por estar pendiente de mí siempre en todos los aspectos de la vida. Gracias por quererme minuto a minuto. Miac!

La verdad es que es difícil terminar esta parte.... ¡¡¡¡Mil gracias a todos los que habéis estado ahí en todo este tiempo!!!! Ah! Y si se me olvida alguien perdón por la omisión.

Resumen

Desde sus orígenes, Internet se ha utilizado para buscar información especializada con diferentes propósitos (entretenimiento, trabajo, aprendizaje, curiosidad, etc.). Muchos usuarios utilizan Internet frecuentemente para completar su formación, aprendiendo a su propio ritmo. La heterogeneidad de la información disponible a través de Internet provoca que no todos los recursos sean adecuados para todos los usuarios, ya que cada persona puede tener unas necesidades, preferencias y objetivos diferentes a las del resto. Cada vez son más los sitios Web que incluyen funcionalidad para poder adaptar sus contenidos a distintos tipos de usuarios según sus características. En el ámbito de la enseñanza, la realización de actividades colaborativas enriquece el proceso de aprendizaje, favoreciendo la interacción de los estudiantes, la discusión sobre determinados conceptos y la construcción del conocimiento, y contribuyendo además al desarrollo de habilidades personales y sociales. Sin embargo, cuando los usuarios realizan actividades colaborativas a través de la Web, deben adaptar su interacción a las características de las herramientas que se les ofrecen, lo que puede complicar la realización de algunas actividades si estas herramientas no se adecuan a las necesidades de los usuarios.

Por otra parte, hoy en día, gracias a la disponibilidad de tecnologías inalámbricas y a la rápida evolución de los dispositivos móviles, es posible conectarse a Internet desde distintos lugares y en diferentes momentos, aunque no se disponga de un ordenador personal conectado a la red cableada. En la sociedad actual, el tiempo se ha convertido en un valor muy preciado, y en muchos casos organizar el tiempo disponible de una forma óptima es complicado, aunque necesario. En este contexto, las tecnologías inalámbricas y los dispositivos móviles ofrecen una gran oportunidad a quienes desean aprovechar espacios de tiempo libre para realizar tareas pendientes cuando no tienen acceso a su ordenador personal. Conviene considerar que las actividades a realizar en distintas situaciones pueden depender de las características de los dispositivos móviles que se tienen al alcance en ese momento, así como del lugar en que se encuentre el usuario y, cómo no, del tiempo que tiene disponible. Por tanto, sería útil disponer de entornos de recomendación de actividades a los que los usuarios se puedan conectar para pedir consejo sobre las actividades a realizar en distintos contextos.

Desde el punto de vista de diseño, la creación y configuración de entornos de recomendación móviles que puedan dar soporte a la realización de actividades individuales y colaborativas que se recomienden a cada usuario en función de sus características personales, necesidades, acciones previas y contexto, es una labor complicada. Esto implica la necesidad de: especificar y dar soporte a la realización de distintos tipos de actividades;

crear y ofrecer distintas versiones de contenidos y herramientas para seleccionar los más apropiados para usuarios con distintas necesidades y en distintos contextos; y definir criterios de recomendación de actividades y de adaptación de contenidos y herramientas para la generación de espacios de trabajo adaptados a las necesidades de los usuarios. Todas estas tareas requieren un tiempo y esfuerzo notables por parte del diseñador o creador de este tipo de entornos. Actualmente, los sistemas hipermedia adaptativos no suelen incluir ayudas para definir y combinar distintos rasgos y criterios de adaptación sobre usuarios, grupos de trabajo, actividades y contextos, para realizar recomendaciones y generar espacios de trabajo en cada momento. Son pocos los sistemas de recomendación que proveen a los diseñadores herramientas y recursos que puedan utilizarse de forma sencilla para reducir el tiempo empleado en la creación y configuración de estos entornos.

En esta tesis se propone, en primer lugar y como parte principal de la propuesta, un mecanismo para la creación de entornos adaptativos móviles en los que se da soporte a: la recomendación de actividades individuales y colaborativas, que se proponen a los usuarios considerando no sólo sus características personales y las acciones que realizan mientras interactúan con el entorno, sino también el contexto concreto en el que se encuentran; y la realización de dichas actividades a través de espacios de trabajo generados en función de las características de los usuarios (incluyendo su contexto) y de la actividad a realizar. Para proporcionar las recomendaciones, el mecanismo propuesto se basa, por una parte, en filtros y criterios de recomendación definidos por el responsable del entorno (o seleccionados de un conjunto disponible ofrecido junto con el mecanismo) y, por otra parte, en información sobre las acciones realizadas previamente por otros usuarios con características similares en situaciones análogas. El mecanismo de recomendación propuesto se ha implementado en el sistema CoMoLE (*“Context-based adaptive Mobile Learning Environments”*), que da soporte a la recomendación y realización de actividades desde distintos dispositivos a través de navegadores Web, considerando las necesidades de cada usuario y el contexto en el que se encuentra.

Para facilitar las labores de creación y configuración de nuevos entornos adaptativos móviles basados en CoMoLE, se ha desarrollado una herramienta de autor, y se han incorporado otras ayudas, como rasgos de adaptación y criterios generales predefinidos, o herramientas para crear y configurar editores gráficos colaborativos. Estas ayudas se han utilizado para la creación de dos entornos de aprendizaje móvil para el apoyo al estudio de dos asignaturas de primer y segundo curso de Ingeniería Informática de la Universidad Autónoma de Madrid.

Este trabajo demuestra que es posible utilizar mecanismos de recomendación basados en el contexto en entornos de aprendizaje móvil reales. La retroalimentación y opiniones recibidas sobre el uso de ambos entornos refuerzan la confianza en la utilidad de este tipo de entornos, pues han sido valorados positivamente por los usuarios finales.

Abstract

Internet has been widely used to search information with different purposes (leisure, work, learning, curiosity, etc.). Many users resort to Internet for completing their education, learning at their own pace. The heterogeneity of available information throughout the Web leads to the fact that not all resources are suitable for all users, since each person may have different preferences, needs or goals. The number of websites that adapt their content to different types of users according to their features is increasing. In the context of education, it is well-known that the realization of collaborative activities enriches the learning process, favouring interaction between students, discussions about concepts, and knowledge construction; moreover, it contributes to the development of personal and social skills. However, whenever users accomplish collaborative activities through the Web, they must adapt their interaction to the specific features of the tools provided. Consequently, the achievement of some activities might be interfered if these tools do not fit user needs.

On the one hand, nowadays it is possible to access to Internet at any time from an increasing number of locations, thanks to the high availability of wireless technologies and the rapid evolution of mobile devices. On the other hand, time has become a valuable good in our society and, in many cases, organizing one's time in an optimal way is rather complicated, although necessary. In such a scenario, the use of mobile devices, either to get on with pending tasks, or even to ask for advice about how to make a good use of time, is very useful. It is worth noting that the selection of tasks to be done in different situations may depend on the features of the devices available at that moment, the user location or the available time. Therefore, it would be useful to have at one's disposal recommender systems from which users can obtain some hints about the more suitable tasks to accomplish in a particular context, specially when no much time is available.

From the designer's point of view, the creation, configuration and maintenance of context-aware mobile recommender systems are difficult labours. This implies the need of: defining and supporting the realization of different types of activities; creating and providing different content versions and tools for selecting the most convenient ones to compose workspaces, depending on user needs and context; and defining criteria for activity recommendation and workspace adaptation. All these tasks require quite a lot of time and effort. Nowadays, most adaptive hypermedia systems do not offer mechanisms, neither for defining and combining different adaptation features and criterion about users, workgroups, activities and contexts, nor for making recommendations and generating personal workspaces at each time. Very few recommender systems provide tools and

resources to be used in an easy way in order to reduce the time spent in the creation and configuration of these environments.

This thesis proposes a mechanism to create adaptive mobile environments in which the recommendation of individual and collaborative tasks (which are offered to users taking into account not only their personal features but also their particular context), and the accomplishment of these tasks (through workspaces generated according to the user's characteristic and the particular task), are supported. The mechanism proposed is based, on the one hand, on filters and recommendation criteria defined by the environment designer or selected from the set of available ones; on the other hand, recommendations can be given according to previous actions of users with similar features in alike contexts. This mechanism has been implemented in CoMoLE ("Context-based adaptive Mobile Learning Environments").

Furthermore, with the aim of facilitating the creation and configuration of new adaptive CoMoLE-based environments, an authoring tool has been developed. Several additional facilities have also been incorporated, such as adaptation features and general criteria to be used by default, or tools to build and configure specific collaborative graphical editors. These facilities have been used for the generation of two mobile learning environments, which have been incorporated as additional resources to support learning in two courses of "Computer Science" at the "Universidad Autónoma de Madrid". The application of the proposal in these two cases demonstrates that it is possible to use context-based recommendations in real advanced adaptive mobile learning environments. The results and feedback obtained from students interacting with these two environments support the confidence in the usefulness and acceptance of this type of educational environments for mobile learning.

Tabla de Contenidos

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1. MOTIVACIÓN	1
1.2. PROBLEMA	3
1.3. OBJETIVOS Y PROPUESTA	6
1.4. ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO	7
CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE.....	9
2.1 HIPERMEDIA ADAPTATIVA	9
2.1.1 MODELO DE USUARIO.....	11
2.1.2 MÉTODOS Y TÉCNICAS DE ADAPTACIÓN.....	14
2.1.3 DISEÑO Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS HIPERMEDIA ADAPTATIVOS.....	16
2.1.4 SISTEMAS HIPERMEDIA ADAPTATIVOS EDUCATIVOS	17
2.1.5 SISTEMAS DE RECOMENDACIÓN	20
2.2 COLABORACIÓN.....	24
2.2.1 FORMACIÓN DE GRUPOS DE TRABAJO	26
2.2.2 MODELO DE GRUPO	27
2.2.3 RECOMENDACIONES A GRUPOS DE TRABAJO	28
2.2.4 SISTEMAS ADAPTATIVOS Y COLABORATIVOS	29
2.3 ADAPTACIÓN Y COLABORACIÓN CON DISPOSITIVOS MÓVILES.....	31
2.3.1 MODELOS DE USUARIO Y GRUPO EN ENTORNOS CON DISPOSITIVOS MÓVILES ...	33
2.3.2 SISTEMAS ADAPTATIVOS CON DISPOSITIVOS MÓVILES	35
2.3.3 SISTEMAS DE RECOMENDACIÓN CON DISPOSITIVOS MÓVILES	37
2.3.2 SISTEMAS COLABORATIVOS CON DISPOSITIVOS MÓVILES.....	38
CAPÍTULO 3: MECANISMO DE RECOMENDACIÓN.....	41
3.1. OBJETIVOS.....	42
3.2. BASES DEL MECANISMO DE RECOMENDACIÓN	45
3.2.1 USUARIOS Y GRUPOS	45
3.2.2 ENTORNOS, ACTIVIDADES, CONTENIDOS Y HERRAMIENTAS COLABORATIVAS .	47
3.2.3 REGLAS DE RECOMENDACIÓN	50
3.2.4 RECOMENDACIÓN BASADA EN OTROS USUARIOS	57
3.2.5 GENERACIÓN DE ESPACIOS DE TRABAJO	62
3.3. FUNCIONAMIENTO DEL MECANISMO DE RECOMENDACIÓN.....	65
3.4. AYUDAS PARA LA CREACIÓN DE ENTORNOS ADAPTATIVOS UBICUOS MÓVILES	76
CAPÍTULO 4: IMPLEMENTACIÓN	83
4.1. DATOS.....	84
4.1.1 INFORMACIÓN DE USUARIOS Y GRUPOS DE TRABAJO	85
4.1.2 INFORMACIÓN DEL ENTORNO	88
4.1.3 INFORMACIÓN DE ACTIVIDADES, RECURSOS Y REGLAS DE ADAPTACIÓN	90
4.2. HERRAMIENTA DE AUTOR	97
4.2.1 CONFIGURACIÓN DE EDITORES GRÁFICOS COLABORATIVOS ESPECÍFICOS	110
4.3. SISTEMA	112
4.3.1 GENERACIÓN DEL LISTADO INICIAL DE ACTIVIDADES	115

4.3.2	RECOMENDACIÓN BASADA EN REGLAS DE ADAPTACIÓN.....	115
4.3.3	RECOMENDACIÓN BASADA EN INFORMACIÓN DE OTROS USUARIOS.....	115
4.3.4	GENERACIÓN DE ESPACIOS DE TRABAJO	117
CAPÍTULO 5: EVALUACIÓN		125
5.1.	CASOS DE ESTUDIO	126
5.2.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS CASOS DE ESTUDIO	133
5.3.	RECOMENDACIÓN BASADA EN INFORMACIÓN DE OTROS USUARIOS	154
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO.....		159
6.1.	CONTRIBUCIONES.....	159
6.2.	EVALUACIÓN DE LAS EXPERIENCIAS REALIZADAS.....	160
6.3.	VENTAJAS Y LIMITACIONES	162
6.4.	TRABAJO ACTUAL Y FUTURO	165
6.5.	PUBLICACIONES A LAS QUE HA DADO LUGAR ESTE TRABAJO.....	169
6.5.1	REVISTAS INTERNACIONALES Y LNCS	169
6.5.2	CAPÍTULOS DE LIBRO	170
6.5.3	CONFERENCIAS Y TALLERES INTERNACIONALES	170
6.5.4	CONFERENCIAS Y TALLERES NACIONALES.....	171
BIBLIOGRAFÍA		173
DIRECCIONES DE INTERNET		187
ANEXO A: ENCUESTA		189

Índice de Figuras

FIGURA 2.1. RASGOS DE USUARIO MODELADOS EN SISTEMAS ADAPTATIVOS WEB [BRUSILOVSKY07]	13
FIGURA 3.1. EJEMPLO DE RECOMENDACIÓN BASADA EN EL CONTEXTO DE OTROS USUARIOS	60
FIGURA 3.2. EJEMPLO DE UN RECORRIDO DE ACTIVIDADES PARA UN USUARIO DE CLASE 1. 60	
FIGURA 3.3. EJEMPLO DE UN RECORRIDO DE ACTIVIDADES PARA UN USUARIO DE CLASE 2. 61	
FIGURA 3.4. FUNCIONAMIENTO GENERAL DEL MECANISMO DE RECOMENDACIÓN	67
FIGURA 3.5. LISTADO INICIAL DE ACTIVIDADES PARA MARÍA Y JOSÉ	69
FIGURA 3.6. RECOMENDACIÓN DESPUÉS DE PROCESAR LAS REGLAS ESTRUCTURALES PARA MARÍA	70
FIGURA 3.7. RECOMENDACIÓN DESPUÉS DE PROCESAR LAS REGLAS ESTRUCTURALES PARA JOSÉ	71
FIGURA 3.8. RECOMENDACIÓN AL PROCESAR LOS FILTROS GENERALES DE CONTEXTO PARA MARÍA	72
FIGURA 3.9. RECOMENDACIÓN AL PROCESAR LOS FILTROS GENERALES DE CONTEXTO PARA JOSÉ	72
FIGURA 3.10. RECOMENDACIÓN DESPUÉS DE PROCESAR LOS REQUISITOS INDIVIDUALES PARA MARÍA.....	73
FIGURA 3.11. RECOMENDACIÓN DESPUÉS DE PROCESAR LOS REQUISITOS INDIVIDUALES PARA JOSÉ.....	74
FIGURA 3.12. PRIMER EJEMPLO DE CONFIGURACIÓN DE UN ENTORNO ADAPTATIVO UBÍCUO.	79
FIGURA 3.13. SEGUNDO EJEMPLO DE CONFIGURACIÓN DE UN ENTORNO ADAPTATIVO UBÍCUO	80
FIGURA 3.14. TERCER EJEMPLO DE CONFIGURACIÓN DE UN ENTORNO ADAPTATIVO UBÍCUO.	80
FIGURA 3.15. ALGUNAS HERRAMIENTAS COLABORATIVAS OFRECIDAS PARA LA CREACIÓN DE ESPACIOS DE TRABAJO	81
FIGURA 4.1. EJEMPLO DE DATOS Y CARACTERÍSTICAS PERSONALES ALMACENADOS PARA UN USUARIO EN EL FICHERO JOSE.PEREZ.XML	85
FIGURA 4.2. EJEMPLO DE LA INFORMACIÓN DINÁMICA ALMACENADA PARA EL USUARIO JOSE.PEREZ	86
FIGURA 4.3. EJEMPLO DE LA INFORMACIÓN ALMACENADA SOBRE UN GRUPO DE TRABAJO	88
FIGURA 4.4. EJEMPLO DE LA INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ENTORNO EDI1	89
FIGURA 4.5. EJEMPLO DE UNA ACTIVIDAD COMPUESTA.....	91
FIGURA 4.6. EJEMPLO DE UNA ACTIVIDAD COMPUESTA CON REQUISITOS INDIVIDUALES DE REALIZACIÓN	92
FIGURA 4.7. EJEMPLO DE UNA ACTIVIDAD CON DISTINTAS VERSIONES DE CONTENIDOS	93
FIGURA 4.8. EJEMPLO DE LA INFORMACIÓN ALMACENADA PARA UNA ACTIVIDAD COLABORATIVA	94
FIGURA 4.9. EJEMPLO DE LOS DATOS DE LAS HERRAMIENTAS COLABORATIVAS PARA UN CONJUNTO	95

FIGURA 4.10. EJEMPLO DE LOS DATOS ALMACENADOS SOBRE REGLAS GENERALES DE CONTEXTO	96
FIGURA 4.11. EJEMPLO DE PANTALLA DE CREACIÓN DE UN NUEVO ENTORNO.....	99
FIGURA 4.12. EJEMPLO DE ESPECIFICACIÓN DE RASGOS	100
FIGURA 4.13. EJEMPLO DE DEFINICIÓN DE UN RASGO CUYOS VALORES SON ESTEREOTIPOS	100
FIGURA 4.14. EJEMPLO DE LA PANTALLA DE ESPEFICACIÓN DE REGLAS GENERALES DE CONTEXTO	101
FIGURA 4.15. EJEMPLO DE CREACIÓN DE UNA CONDICIÓN DE ACTIVACIÓN PARA UNA REGLA	102
FIGURA 4.16. FICHERO XML DE CONFIGURACIÓN CON REGLAS GENERALES DE CONTEXTO POR OMISIÓN	103
FIGURA 4.17. CAPTURA DE LA PANTALLA MOSTRADA PARA LA CREACIÓN DE UNA ACTIVIDAD.....	104
FIGURA 4.18. CAPTURA DE LA PANTALLA MOSTRADA PARA ASOCIAR CONTENIDOS A UNA ACTIVIDAD.....	105
FIGURA 4.19. CAPTURA DE LA PANTALLA MOSTRADA PARA ASOCIAR CONTENIDOS A UNA ACTIVIDAD COLABORATIVA	106
FIGURA 4.20. CAPTURA DE LA PÁGINA MOSTRADA PARA DEFINIR LOS CONJUNTOS DE HERRAMIENTAS	107
FIGURA 4.21. CAPTURAS DE LAS PANTALLAS PARA DEFINIR SENDAS REGLAS ESTRUCTURALES	108
FIGURA 4.22. EJEMPLO DE DOS REGLAS ESTRUCTURALES CREADAS	109
FIGURA 4.23. CAPTURA DE PANTALLA DE CREACIÓN DE REGLAS DE REQUISITOS INDIVIDUALES.....	109
FIGURA 4.24. CAPTURAS DE LA HERRAMIENTA DE ESPECIFICACIÓN DE ACTIVIDADES CON EDITORES GRÁFICOS COLABORATIVOS ESPECÍFICOS.....	111
FIGURA 4.25. PANTALLA DE INSERCIÓN DE NUEVOS ICONOS O REUTILIZACIÓN DE LOS EXISTENTES	112
FIGURA 4.26. ARQUITECTURA GENERAL DEL SISTEMA CoMoLE.....	113
FIGURA 4.27. PANTALLA DE ENTRADA Y DE PETICIÓN DE DATOS DE CONTEXTO EN CoMoLE	114
FIGURA 4.28. CAPTURA DE UNA PRIMERA PÁGINA WEB GENERADA POR CoMoLE	117
FIGURA 4.29. CAPTURA DE UNA SEGUNDA PÁGINA WEB GENERADA POR CoMoLE.....	119
FIGURA 4.30. EJEMPLO DE ESPACIO DE TRABAJO COLABORATIVO GENERADO	120
FIGURA 4.31. CAPTURA DE EDITOR GRÁFICO COLABORATIVO ESPECÍFICO GENERADO.	122
FIGURA 4.32. MONITORIZACIÓN DE LAS ACCIONES DE LOS ESTUDIANTES CUANDO INTERACTÚAN CON EDITORES GRÁFICOS COLABORATIVOS CONFIGURABLES	123
FIGURA 5.1. FILTRO GENERAL DE CONTEXTO APLICADO EN LA ASIGNATURA EDI1	128
FIGURA 5.2. PRIMER EJEMPLO DE PÁGINA GENERADA EN EL ENTORNO EDI1	129
FIGURA 5.3. EJEMPLO CON ACTIVIDADES RECOMENDADAS Y NO RECOMENDADAS EN SO1.	130
FIGURA 5.4. EJEMPLO CON ACTIVIDADES NO RECOMENDADAS EN EDI1.....	131
FIGURA 5.5. EJEMPLO DE PÁGINA GENERADA PARA UN ALUMNO QUE UTILIZA UNA PDA	133
FIGURA 5.6. EJEMPLO DE CONTENIDO MOSTRADOS A LOS ESTUDIANTES CUANDO USAN UNA PDA	133
FIGURA 5.7. EJEMPLO DE PREGUNTA SOBRE LA ADECUACIÓN DE LA RECOMENDACIÓN DE UNA ACTIVIDAD	136

FIGURA 5.8. TIPOS DE ACTIVIDADES Y FRECUENCIA DE INADECUACIÓN	140
FIGURA 5.9. RESPUESTAS TOTALES DE LOS ESTUDIANTES SOBRE LA ADECUACIÓN- INADECUACIÓN	141
FIGURA 5.10. RESPUESTAS SOBRE LA ADECUACIÓN-INADECUACIÓN CON MÁS DE UN VOTO NEGATIVO.....	142
FIGURA 5.11. RECOMENDACIÓN VS. NO RECOMENDACIÓN.....	143
FIGURA 5.12. UTILIDAD DE RECOMENDACIONES BASADAS EN LAS CARACTERÍSTICAS PERSONALES	144
FIGURA 5.13. UTILIDAD DE RECOMENDACIONES BASADAS EN EL CONTEXTO	145
FIGURA 5.14. PORCENTAJES DE SEGUIMIENTO DE LAS RECOMENDACIONES OFRECIDAS POR EL SISTEMA.....	146
FIGURA 5.15. UTILIDAD DE LA ADAPTACIÓN DE CONTENIDOS AL ESTILO DE APRENDIZAJE Y AL CONTEXTO	146
FIGURA 5.16. UTILIDAD DE ESTE TIPO DE ENTORNOS ADAPTATIVOS DE APRENDIZAJE MÓVIL.	147
FIGURA 5.17. FACILIDAD DE USO DE LOS ENTORNOS DE APRENDIZAJE MÓVIL.....	147
FIGURA 5.18. UTILIDAD DEL ENTORNO DE APRENDIZAJE MÓVIL PARA LA PREPARACIÓN DE LA ASIGNATURA	148
FIGURA 5.19. INCREMENTO DE LA MOTIVACIÓN EN EL ESTUDIO DE LOS ESTUDIANTES.....	148
FIGURA 5.20. BÚSQUEDA DE RECURSOS EXTERNOS EN INTERNET	149
FIGURA 5.21. BÚSQUEDA DE RECURSOS EXTERNOS SI NO HUBIESEN EXISTIDO ESTOS ENTORNOS	150
FIGURA 5.22. EXPERIENCIA PREVIA DE LOS ESTUDIANTES CON PDAs	150
FIGURA 5.23. SATISFACCIÓN EN EL USO DE PDAs PARA REALIZAR ACTIVIDADES EN ESTOS ENTORNOS	151
FIGURA 5.24. VISUALIZACIÓN CORRECTA DE CONTENIDOS USANDO PDAs	151
FIGURA 5.25. ADECUACIÓN DE LA OCULTACIÓN DEL MENÚ DE ACTIVIDADES CUANDO SE USA UNA PDA	152
FIGURA 5.27. TIPOS DE ACTIVIDADES MÁS ADECUADAS PARA REALIZAR EN PDAs	153
FIGURA 5.28. FICHERO DE ESTUDIANTES DE EDI1 CON LAS CARACTERÍSTICAS: VISUAL, ACTIVO, SENSORIAL, TIEMPO DISPONIBLE ENTRE 30-60 MINUTOS, UTILIZANDO SU ORDENADOR PERSONAL DESDE CASA	156

Índice de Tablas

TABLA 3.1. EJEMPLO DE RASGOS DE ADAPTACIÓN	43
TABLA 3.2. EJEMPLO DE LA INFORMACIÓN GENERAL ALMACENADA PARA UN ENTORNO ..	46
TABLA 3.3. EJEMPLO DE CONDICIONES DE ACTIVACIÓN SIMPLES Y COMPUESTAS	51
TABLA 3.4. RESUMEN DE LAS POSIBLES COMBINACIONES DE CRITERIOS DE ADAPTACIÓN ...	51
TABLA 3.5. EJEMPLO DE REGLAS ESTRUCTURALES	53
TABLA 3.6. EJEMPLO DE FILTROS GENERALES DE CONTEXTO	54
TABLA 3.7. EJEMPLO DE REGLAS DE REQUISITOS INDIVIDUALES.....	55
TABLA 3.8. EJEMPLO DE REGLAS DE ESPACIOS DE TRABAJO COLABORATIVOS	56
TABLA 3.9. EJEMPLO DE REGLAS DE HERRAMIENTAS COLABORATIVAS	57
TABLA 3.10. FILTROS GENERALES DE CONTEXTO DEFINIDOS POR OMISIÓN	78
TABLA 5.1. INFORMACIÓN SOBRE EL USO DE CoMoLE EN LAS ASIGNATURAS DE EDI1 Y SO1	134
TABLA 5.2. INFORMACIÓN FILTRADA SOBRE EL USO DE CoMoLE EN LAS ASIGNATURAS DE EDI1 Y SO1	135
TABLA 5.3. RESPUESTAS SOBRE LA ADECUACIÓN DE LAS RECOMENDACIONES EN EDI1....	136
TABLA 5.4. RESPUESTAS SOBRE LA ADECUACIÓN DE LAS RECOMENDACIONES EN SO1	137
TABLA 5.5. RESULTADOS FINALES SOBRE LA ADECUACIÓN DE LAS RECOMENDACIONES...	137
TABLA 5.6. INFORMACIÓN SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS PERSONALES Y EL CONTEXTO DE LOS USUARIOS QUE CONSIDERARON INADECUADA LA ACTIVIDAD "ÁTOMICOS EjEM"	139
TABLA 5.7. INFORMACIÓN SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS PERSONALES Y EL CONTEXTO DE LOS USUARIOS QUE CONSIDERARON INADECUADA LA ACTIVIDAD "MEM_Test2 "	140

CAPÍTULO 1:

Introducción

En este primer capítulo se expone la motivación que ha llevado a la realización del trabajo presentado en esta memoria. A continuación, se describen algunos problemas y carencias detectados en el área de investigación en la que se enmarca este trabajo. Estas carencias motivaron la propuesta principal de este trabajo, que se resume en este capítulo, donde también se exponen sus objetivos principales y las bases en las que se fundamenta. Por último, se describe la organización de esta memoria.

1.1. Motivación

Desde sus orígenes, Internet se ha utilizado para difundir y buscar información especializada con diferentes propósitos (entretenimiento, trabajo, aprendizaje, curiosidad, etc.) [Berners-Lee]. Distribuir los materiales creados por la red es sencillo, por lo que Internet ofrece a sus usuarios una gran cantidad de información, la cual está disponible desde cualquier lugar con conexión a Internet y en cualquier momento. Esto hace posible que muchos usuarios utilicen Internet de forma frecuente para completar su formación de una forma flexible. En la mayoría de las ocasiones, suelen interactuar con los recursos educativos disponibles de forma individual aprendiendo a su propio ritmo, a través de explicaciones con contenidos interactivos, que pueden incluir simulaciones de problemas reales, evaluaciones sobre asimilaciones de conceptos a través de ejercicios tipo *test*, etc. [DeBra98] [Carro99] Además, Internet permite la comunicación e interacción entre usuarios situados en diferentes lugares. En este sentido, Internet puede considerarse no sólo como un repositorio de información sino como un mecanismo capaz de conectar personas [Laister02]. Por este motivo, en los últimos tiempos han surgido distintas redes sociales para conocer personas, aplicaciones para compartir recursos o crear páginas Web de forma colaborativa, entre otros.

La información almacenada como recursos y materiales multimedia disponible a través de Internet es muy heterogénea. Los contenidos de una misma página pueden resultar demasiado fáciles de comprender para unos usuarios y muy difíciles para otros. Además, en el caso que la información no esté bien organizada o se ofrezcan demasiados enlaces entre las páginas, algunos usuarios pueden sentirse desorientados o sobrepasados. Por tanto, no toda la información ni todas las formas de presentarla son adecuadas para todos los usuarios, ya que cada persona tiene unas necesidades, intereses, preferencias y objetivos propios. En este sentido, sería útil tanto adaptar los contenidos de las páginas,

para facilitar la comprensión de los conceptos presentados en cada una de ellas, como guiar a los usuarios durante su búsqueda de información y su proceso de aprendizaje. Para ello, se puede adaptar tanto la información presentada en cada una de las páginas como los enlaces entre recursos relacionados, teniendo en cuenta las necesidades, intereses, preferencias y objetivos de cada usuario particular.

Por otra parte, en el ámbito de la enseñanza, desde hace bastante tiempo se vienen utilizando diversos métodos y técnicas de aprendizaje colaborativo y cooperativo en las clases tradicionales. La realización de actividades colaborativas contribuye al desarrollo de habilidades personales [Barros98] y sociales [Johnson84]. La inclusión de este tipo de actividades dentro de entornos educativos disponibles a través de Internet, enriquece el proceso de aprendizaje, favoreciendo la interacción de los estudiantes, la discusión sobre determinados conceptos, la resolución cooperativa de problemas y la propia construcción del conocimiento. Además, la motivación de los estudiantes y su autoestima se incrementan, y la sensación de aislamiento que tienen los usuarios en este tipo de entornos se reduce. Con este objetivo se han creado distintos sistemas y aplicaciones que facilitan la colaboración entre distintos usuarios en entornos accesibles a través de Internet, algunos de los cuales se describirán en el próximo capítulo.

Por último, gracias a la disponibilidad de las tecnologías inalámbricas y a los dispositivos móviles, cada vez es mayor el número de usuarios que pueden conectarse a Internet desde distintos lugares en momentos diferentes. El número de personas que lleva consigo dispositivos móviles tales como teléfonos inteligentes, asistentes personales digitales (PDAs) u ordenadores portátiles crece cada día. Estos dispositivos suelen utilizarse con diferentes propósitos, tales como el ocio, el trabajo o el aprendizaje, entre otros.

Además, hoy en día, la gente suele emplear mucho tiempo trabajando y viajando de un lugar a otro (de su casa al lugar de trabajo o de estudio, por reuniones, negocios, etc.), por lo que es habitual encontrar personas que utilizan sus dispositivos personales móviles para aprovechar el tiempo que tienen disponible mientras viajan de un lugar a otro, ya sea con propósitos profesionales, de entretenimiento o educativos, entre otros. El tiempo se ha convertido en un valor muy importante en la sociedad actual, y en muchos casos organizar el tiempo disponible de una forma óptima es complicado. A veces, los usuarios tienen tareas pendientes relacionadas con otros usuarios con los que deben comunicarse, compartir información o realizar actividades concretas (reuniones, envío de documentos, recepción de mensajes de correo electrónico, etc.). En estos casos, el uso de dispositivos móviles conectados a Internet constituye un valor añadido, haciendo posible la comunicación y cooperación entre usuarios. Por tanto, las tecnologías inalámbricas y los dispositivos móviles ofrecen una gran oportunidad a los usuarios para aprovechar intervalos de tiempo disponibles para realizar tareas pendientes e interactuar con otros usuarios. Todos estos hechos han motivado el desarrollo de investigaciones y aplicaciones

para dar soporte no sólo al acceso a la información desde distintos dispositivos, sino también a la colaboración entre usuarios en diferentes momentos. En el ámbito educativo, los dispositivos móviles y las tecnologías inalámbricas pueden ser útiles para motivar a los estudiantes a aprender en diferentes contextos y de una forma activa, combinándose en muchas ocasiones un aprendizaje móvil [Zurita04] con enseñanza tradicional. Estudiantes y profesores pueden utilizar distintos dispositivos desde diferentes lugares para tomar notas, comunicarse con otros usuarios, solicitar tutorías, o realizar actividades de forma individual o colaborativa.

Por tanto, las nuevas tecnologías de red inalámbrica, el desarrollo de los dispositivos móviles y el hecho de que cada vez existe menos tiempo libre que se intenta aprovechar al máximo, han promovido un cambio en la forma de trabajar de las personas y, en el contexto de la enseñanza, en la forma de aprender y enseñar. Por ello se considera conveniente dar soporte no sólo a la realización de actividades en distintos contextos, sino también a la recomendación de las actividades más adecuadas para ser realizadas en cada situación, con el objetivo de facilitar el aprovechamiento del tiempo disponible por parte de los usuarios, considerando sus características o necesidades particulares y el contexto en que se encuentran.

1.2. Problema

La heterogeneidad de la información disponible a través de Internet, y el hecho de que cada usuario tiene unas necesidades, preferencias y objetivos propios, han motivado la necesidad de desarrollar mecanismos para guiar a los usuarios en la búsqueda de información a través del hiperespacio, adaptando tanto la información presentada en cada página como los enlaces entre recursos relacionados en función de las características personales de cada usuario, sus necesidades y sus preferencias. Este es el principal objetivo abordado en el área de investigación “Hipermedia Adaptativa” [Brusilovsky96a], que se centra en la adaptación de los distintos elementos hipermedia (principalmente contenidos y opciones de navegación) a las características y necesidades de los usuarios.

Por otra parte, cuando los usuarios realizan actividades colaborativas a través de Internet, la interacción entre miembros de un mismo grupo de trabajo o comunidad virtual es bastante distinta a la que se produce en entornos cara a cara. Los usuarios que se conectan a este tipo de entornos colaborativos deben adaptar su interacción a las características y capacidades de las herramientas que el entorno les ofrece. Este hecho puede complicar la realización de determinadas tareas si no se dispone de las herramientas adecuadas, o si la tarea a realizar no encaja con las necesidades o preferencias de los usuarios y de los grupos de trabajo. Otra problemática de los entornos donde se realizan

actividades colaborativas es el gran número de variables que influyen en el desempeño de la actividad, tales como el tamaño de los grupos de trabajo, los criterios utilizados para la agrupación de los estudiantes, la distribución del trabajo entre los miembros de cada grupo, los criterios de permanencia de los usuarios dentro de los grupos de trabajo, la propia naturaleza de cada actividad colaborativa, etc. Cada una de estas variables influirá en el desempeño del trabajo en grupo. Por estos motivos, en el ámbito de sistemas hipermedia con soporte a la realización de distintas actividades, surge la necesidad de adaptar no sólo los contenidos presentados en las páginas y la guía de navegación ofrecida a los usuarios, sino también distintos aspectos relacionados con la colaboración, considerando no sólo características individuales de los usuarios sino también las de los grupos de trabajo.

En cuanto al uso de dispositivos móviles y tecnologías inalámbricas, las características de los distintos dispositivos móviles son, evidentemente, diferentes a las de los ordenadores personales: los dispositivos móviles normalmente están dotados de menos memoria; sus pantallas suelen tener unas dimensiones pequeñas; sus dispositivos de entrada suelen ser más incómodos de utilizar; etc. Estas características pueden determinar las actividades que se pueden realizar a través de los mismos e influir en la visualización de determinados contenidos. Además, la localización física del usuario y el tiempo disponible en un momento determinado también pueden influir en la conveniencia de realizar ciertas actividades. Por tanto, en entornos en los que varios usuarios pueden realizar actividades a través de distintos dispositivos y en diferentes situaciones, surge la necesidad de contar con algún tipo de mecanismo o sistema que permita recomendar y adaptar actividades y contenidos no sólo a las características personales y acciones de los usuarios, sino también al contexto en el que se encuentran.

Por último, la creación y configuración de entornos adaptativos móviles, que dan soporte tanto a la recomendación de actividades individuales y colaborativas como a la realización de las mismas, es una labor complicada, incluso para personas con conocimientos técnicos. En el tipo de entornos que se quiere crear en esta propuesta se seleccionarán dinámicamente, para cada usuario y en cada situación, las actividades más apropiadas y se generarán, en cada paso los espacios de trabajo más adecuados para la realización de la actividad, seleccionando contenidos y herramientas, y creando enlaces entre las distintas actividades. Para ello se considerarán las características personales y preferencias de los usuarios, sus acciones previas y las condiciones particulares de contexto en que se encuentren. Esto implica la necesidad de definir los tipos de tareas a realizar por los distintos usuarios, crear distintas versiones de contenidos teniendo en cuenta las características de los dispositivos utilizados, y definir criterios de recomendación que se tendrán en cuenta a la hora de guiar al usuario mientras realiza las actividades. Además, si se desea generar espacios de trabajo para dar soporte a la realización de las distintas actividades será necesario suministrar información sobre cómo se generarán estos espacios.

Todas estas labores requieren tiempo y esfuerzo por parte de los creadores o responsables del entorno. Además, en muchas ocasiones, éstos no tienen suficientes conocimientos técnicos para poder definir los distintos aspectos de este tipo de entornos. En este sentido, la creación de entornos adaptativos móviles puede resultar una labor imposible para algunas personas y muy frustrante para otras.

Por tanto, es necesario facilitar las tareas no sólo a los usuarios finales de estos entornos, sino también a los creadores de los mismos, con soluciones y herramientas que hagan transparentes los detalles de bajo nivel. De esta manera, los autores no necesitarán conocer detalles técnicos, reduciéndose así el tiempo empleado en el proceso de creación de estos entornos y la complejidad de esta labor. No obstante, la tarea de especificar toda la información necesaria puede ser demasiado tediosa, por lo que se hace necesario ofrecer estrategias y criterios de recomendación generales por omisión que puedan ser utilizados en los distintos entornos a crear. Además, sería útil poder considerar información sobre la interacción de otros usuarios con los entornos creados, de tal manera que se puedan sugerir recomendaciones a un usuario basadas en las acciones de otros usuarios con características similares en situaciones semejantes. De este modo, se podría utilizar directamente esta funcionalidad, minimizando la necesidad de especificar criterios de recomendación.

Por el momento no se ha encontrado ningún sistema hipermedia en que se permita definir y combinar distintos rasgos de adaptación sobre usuarios, grupos de trabajo, acciones realizadas previamente y contextos para recomendar las actividades más adecuadas para ser realizadas por distintos tipos de usuarios en diferentes contextos, donde además sea posible generar espacios de trabajo adaptados a características del usuario y del contexto en que se encuentra para dar soporte a la realización de cada actividad. Sin embargo, como se ha comentado anteriormente, en una sociedad como la actual, cada vez son más las personas que utilizan diversos dispositivos móviles en distintas situaciones para aprovechar el tiempo y realizar distintas tareas. En este contexto, los sistemas hipermedia adaptativos “clásicos”, en los que la información se adapta y se presenta en páginas Web accesibles normalmente desde ordenadores personales, se quedan obsoletos. Es necesario, por tanto, ofrecer sistemas más avanzados, capaces de manejar información sobre usuarios y grupos en distintos contextos, y de ofrecer las posibilidades mencionadas anteriormente. Por otra parte, actualmente son pocos los sistemas adaptativos o de recomendación que ofrecen a los diseñadores herramientas adecuadas para la creación y configuración de entornos adaptativos colaborativos móviles, y que además ofrezcan recursos y soluciones que puedan utilizarse de una forma sencilla para reducir el tiempo empleado en este proceso. Por ello, es necesario dotar a los creadores de este tipo de entornos de herramientas que les permitan realizar esta labor sin demasiado esfuerzo.

1.3. Objetivos y Propuesta

El objetivo del trabajo presentado en esta memoria es dar soporte a la creación y configuración de entornos adaptativos móviles con las siguientes características:

- Existen varios usuarios.
- Cada usuario puede realizar distintos tipos de actividades individualmente o en grupos de trabajo en distintas situaciones, utilizando para ello distintos dispositivos.
- Estos entornos adaptativos recomendarán las actividades más apropiadas a realizar por cada usuario en cada momento en función de las características personales, preferencias y acciones previas de los usuarios y grupos de trabajo, considerando también el contexto en el que se encuentran.
- Además, los espacios de trabajo para cada actividad se generarán dinámicamente seleccionando en cada paso los contenidos y herramientas más adecuados dependiendo de la información disponible sobre los usuarios, grupos y cada uno de los elementos del entorno.

Para lograr este objetivo, se ha propuesto un mecanismo de recomendación que se encarga de seleccionar las actividades que se recomendarán a cada usuario en cada situación, y los contenidos y herramientas que se utilizarán para componer los espacios de trabajo, todo ello dependiendo de las características personales, acciones y contexto de los usuarios y de los grupos de trabajo. El mecanismo consta de una primera fase basada en los criterios de recomendación especificados por los diseñadores o responsables del entorno, así como de una segunda fase en la que a cada usuario se le sugiere la realización de actividades en función de las acciones realizadas previamente por otros usuarios con características similares en situaciones análogas.

Con el objetivo de llevar a la práctica este mecanismo de recomendación, se ha diseñado e implementado un sistema llamado CoMoLE (*“Context-based adaptive Mobile Learning Environments”*). Este sistema da soporte a la recomendación y realización de actividades individuales y colaborativas en distintos entornos adaptativos móviles, a los cuales los usuarios acceden a través de un navegador Web utilizando distintos dispositivos. CoMoLE se ha utilizado para la creación de entornos utilizados en el área de la enseñanza, campo de aplicación de la propuesta.

CoMoLE recomienda distintas actividades a cada usuario en cada momento de acuerdo a sus necesidades y al contexto en el que se encuentra. El sistema guía a los usuarios a través del conjunto de actividades a realizar, ofreciendo en cada paso recomendaciones sobre qué actividades son las más adecuadas y un seguimiento de sus acciones mientras interactúan con el entorno. Tanto la recomendación de las actividades a

realizar como la generación de los espacios de trabajo correspondientes a cada una de las actividades, se realiza dinámicamente a partir de información almacenada y gestionada por el sistema sobre usuarios, grupos, actividades, recursos, criterios de adaptación y acciones previas realizadas por otros usuarios.

Para facilitar la creación, configuración y almacenamiento de la información de los distintos elementos de estos entornos, se ha desarrollado una herramienta de autor que permite a los diseñadores realizar estas labores de una forma sencilla. Esta herramienta incluye la posibilidad de especificar distintos criterios de adaptación a utilizar durante la fase de recomendación en este entorno de aprendizaje móvil; también ofrecen un conjunto de rasgos y criterios de adaptación predefinidos basados en el contexto de los usuarios, por si se desean utilizar. La implementación de CoMoLE incluye un módulo de recomendación de actividades basado en la información almacenada sobre acciones previas de otros usuarios. Este módulo hace posible la recomendación de actividades sin necesidad de especificar ningún criterio de recomendación, utilizando solamente la información almacenada en el entorno sobre el propio usuario y sobre las acciones previas de otros usuarios con características similares en situaciones análogas.

Para evaluar el impacto y la utilidad de estos nuevos entornos de recomendación, se llevaron a cabo dos casos de estudio con estudiantes de primer y segundo curso de Ingeniería Informática de la Universidad Autónoma de Madrid. Los estudiantes dieron su opinión sobre el sistema CoMoLE y facilitaron comentarios sobre distintos aspectos de estos entornos de recomendación, relacionados con la utilidad de recomendaciones basadas en el contexto, la calidad de las recomendaciones ofrecidas, la (in)conveniencia de utilizar distintos dispositivos para realizar actividades específicas, la capacidad del sistema para ayudarles a organizarse su tiempo de estudio, cómo se sienten trabajando con estos nuevos entornos de recomendación y otras opiniones. Los resultados obtenidos también se presentan en este trabajo.

1.4. Organización del documento

El presente documento se estructura en seis capítulos:

- Capítulo 1: El presente capítulo ha permitido exponer el marco sobre el cual se ha desarrollado la tesis, identificando los problemas y carencias que han motivado el trabajo realizado, introduciendo el objetivo del trabajo que se presentará a lo largo de esta memoria, e incluyendo un resumen de la propuesta para alcanzar este objetivo.
- Capítulo 2: En este capítulo se hace un recorrido por el estado del arte relacionado con la propuesta que se planteará a lo largo de los capítulos siguientes, incluyendo las líneas

de investigación de hipermedia adaptativa, sistemas de recomendación, trabajo colaborativo, y adaptación y colaboración con dispositivos móviles.

- Capítulo 3: En este capítulo se describe la principal propuesta de esta tesis: un mecanismo de recomendación de actividades que los usuarios pueden realizar de forma individual o colaborativa a través de distintos dispositivos y en diferentes contextos. El mecanismo de recomendación está basado en reglas de adaptación y en información sobre las acciones realizadas por otros usuarios previamente en situaciones análogas.
- Capítulo 4: Presenta el sistema en el que se ha implementado el mecanismo de recomendación descrito en el capítulo anterior, el cual da soporte al proceso de recomendación y generación de espacios de trabajo en entornos móviles. Este capítulo incluye una descripción de los datos que se almacenan y del funcionamiento del mecanismo, así como los detalles de la herramienta de autor desarrollada para facilitar la creación y configuración de estos entornos.
- Capítulo 5: En este capítulo se presenta la evaluación de la propuesta, realizada a partir de dos casos de estudio en los que se analiza la utilización de dos entornos de aprendizaje móvil creados como recursos de apoyo al estudio de dos asignaturas de Ingeniería Informática de la Universidad Autónoma de Madrid. En este capítulo se describen las características de ambos entornos, y se muestran los detalles de uso de los entornos por parte de los estudiantes, así como los resultados obtenidos en ambas experiencias, junto con las opiniones de los estudiantes.
- Capítulo 6: En este capítulo se resumen las conclusiones obtenidas del trabajo realizado, se describe el trabajo actual y futuro, y se detalla la producción científica a la que ha dado lugar el trabajo realizado en esta tesis.
- Bibliografía y direcciones de Internet: Finalmente se incluyen las referencias bibliográficas y direcciones de Internet citadas a lo largo del presente documento.
- Anexo A: Encuesta realizada a los estudiantes que interactuaron con los dos entornos desarrollados, que constituye una de las bases principales para la evaluación de la propuesta presentada en este documento.

CAPÍTULO 2:

Estado del Arte

A lo largo de este capítulo, con el objetivo de poner en contexto el trabajo realizado, se describirán los aspectos más relevantes para el mismo de las distintas áreas de investigación involucradas. En primer lugar, se presentarán las bases de la hipermedia adaptativa, incluyendo cómo modelar los rasgos o atributos de los usuarios a considerar para la adaptación, los distintos métodos y técnicas de adaptación, cómo diseñar y evaluar sistemas hipermedia adaptativos y algunos ejemplos de este tipo de sistemas desarrollados hasta la actualidad. Como un caso particular de los sistemas hipermedia adaptativos, se describirán las principales características de los sistemas de recomendación, junto con una recopilación de ejemplos de estos sistemas. A continuación, se mostrarán los beneficios de la inclusión de técnicas de aprendizaje colaborativo y cooperativo dentro de entornos de enseñanza en línea, así como sus características principales, qué aspectos considerar a la hora de modelar los grupos con el objetivo de adaptar las actividades colaborativas a los usuarios y grupos, cómo realizar la formación de grupos de trabajo, y por último, algunos ejemplos de sistemas colaborativos. Por último, se presentarán las características de nuevos entornos adaptativos y/o colaborativos donde los usuarios pueden utilizar no sólo ordenadores personales sino también dispositivos móviles.

2.1. Hipermedia Adaptativa

Es un hecho que no todos los usuarios tienen las mismas características, necesidades, preferencias u objetivos. Los usuarios con menos experiencia en el uso de Internet pueden sentirse desorientados o sobrecargados por la gran cantidad de información que se les ofrece. Aspectos como el estilo de aprendizaje [Felder96], la personalidad [Costa89] o la inteligencia [Thurstone38] pueden influir en el modo en que procesan la información y determinar, por tanto, sus necesidades particulares. Por tanto, es conveniente tener en cuenta las diferentes características de los distintos usuarios para adaptar la información ofrecida, tanto los contenidos como la navegación a través de los mismos, a cada uno de ellos en función de estos y otros aspectos relevantes. Este es el principal objetivo de la “**Hipermedia Adaptativa**” (AH).

Brusilovsky identificó seis áreas distintas de aplicación de la hipermedia adaptativa [Brusilovsky98a]: sistemas de información en línea, sistemas de ayuda en línea, sistemas de recuperación de datos basados en hipermedia, sistemas de información institucional, sistemas para gestionar vistas personalizadas; y por último, sistemas educativos. Estas áreas

son similares y comparten los mismos problemas, aunque se diferencian en los parámetros y criterios que se utilizan en cada caso para realizar la adaptación.

Los **sistemas de información en línea adaptativos** abarcan desde la documentación disponible en Internet hasta las enciclopedias electrónicas y tienen como objetivo suministrar acceso a la información a usuarios con distintos niveles de conocimiento sobre el tema en cuestión. Cada nodo del hiperespacio normalmente representa un concepto del tema y contiene varias páginas de información. Los usuarios pueden tener distintos objetivos, conocimientos previos y preferencias, por lo que surge la necesidad de suministrar acceso a distintos tipos de información relacionada con un mismo concepto y con distintos niveles de detalle en función de las características del usuario. Cuando el hiperespacio es grande, los usuarios necesitan ayuda para navegar y encontrar la información que les resulta relevante.

Los **sistemas de ayuda en línea** permiten acceder a información relacionada con aplicaciones concretas, suministrando una ayuda para la utilización de dichas aplicaciones. Estos sistemas están directamente asociados a la aplicación sobre la cual proporcionan la ayuda, por lo que el hiperespacio está relativamente acotado. El objetivo sigue siendo suministrar información distinta a cada usuario, pero en este caso el sistema conoce el contexto desde el cual el usuario solicitó la ayuda, lo cual constituye una fuente de información que será utilizada por el sistema para determinar el objetivo del usuario y ofrecerle la ayuda más apropiada.

Los **sistemas de recuperación de datos** combinan técnicas tradicionales de recuperación de la información con la posibilidad de acceso a la información en forma de hipertexto. El acceso a los documentos se realiza a través de un índice de términos y se ofrece la posibilidad de navegar entre los documentos relacionados a través de enlaces. Este tipo de sistemas ayudan a limitar las opciones de navegación sugiriendo los enlaces más relevantes para cada usuario.

Los **sistemas de información institucional** facilitan la información necesaria para dar soporte al trabajo diario de los usuarios de una institución. Los empleados utilizarán un determinado conjunto de información en función de la labor que desempeñen dentro de la institución. Estos sistemas utilizan técnicas de adaptación para limitar el espacio de trabajo con el objetivo de impedir que los usuarios puedan distraerse en su trabajo y que los empleados nuevos se desorienten al buscar información.

Los **sistemas para gestionar vistas personalizadas** permiten a los usuarios definir vistas personalizadas de todo el hiperespacio. Con el objetivo de facilitar el trabajo a los usuarios, las vistas personalizadas son capaces tanto de buscar elementos nuevos relevantes como de identificar los documentos que han cambiado o han sido eliminados.

Por último, los **sistemas educativos** tienen como objetivo principal guiar personalmente a los estudiantes durante su proceso de aprendizaje adaptando los contenidos y la guía de navegación ofrecida entre los mismos a las características personales y necesidades de cada usuario [Brusilovsky01].

2.1.1. Modelo de usuario

Con el objetivo de dar soporte a la adaptación dentro de entornos accesibles a través de Internet, se debe gestionar información sobre los usuarios. Los datos de los usuarios, como sus características personales, preferencias, necesidades o contexto, pueden considerarse con propósitos adaptativos para seleccionar los contenidos más adecuados y la guía de navegación ofrecida. Esta información se almacena en el modelo de usuario (UM) y debe actualizarse apropiadamente para poder seguir utilizándose con fines adaptativos [Kobsa01] [Kobsa07].

En [Brusilovsky01] se presenta una primera clasificación sobre los rasgos de adaptación utilizados en los sistemas hipermedia adaptativos educativos para adecuar tanto los contenidos presentados como la presentación de los mismos. Esta clasificación divide los rasgos de adaptación en dos conjuntos: datos de los usuarios y características del dispositivo utilizado para el aprendizaje. Los datos de los usuarios pueden clasificarse a su vez en dos grupos: rasgos personales del usuario (edad, conocimiento, estilo de aprendizaje, intereses, objetivos, experiencia previa, etc.) y datos de uso (interacción del usuario con el sistema). La adaptación a las características de los dispositivos se refiere al tipo de contenidos que da soporte a cada uno de ellos. Los tipos de contenidos soportados por cada dispositivo, se encuentran determinados por el propio *software* y *hardware* junto con las características de los usuarios.

Posteriormente, Brusilovsky presentó un listado con los rasgos de adaptación más populares modelados dentro de diferentes tipos de sistemas adaptativos como son el conocimiento del usuario, sus intereses y objetivos, la experiencia previa, los rasgos personales que identifican a cada individuo y el contexto de trabajo [Brusilovsky07]. A continuación se detalla cada uno de ellos:

- El **nivel de conocimiento** del usuario se utiliza para proveer explicaciones y actividades de aprendizaje adecuadas a cada tipo de alumno. Normalmente este rasgo se representa mediante una estimación del nivel de conocimiento del usuario en algunos conceptos.
- Los **intereses** de los usuarios constituyen la parte más importante del perfil del usuario en sistemas adaptativos encargados de recuperar o filtrar información que tratan con grandes volúmenes de datos. Este rasgo de adaptación se utiliza también en los

modelos de usuario de los sistemas de recomendación. En los primeros sistemas adaptativos en línea relacionados con la educación, no se prestaba atención a los intereses de los usuarios, centrándose sobre todo en los objetivos de aprendizaje. Además, los sistemas hipermedia adaptativos no manejaban un volumen suficiente de información para considerar relevante estas características dentro del proceso de adaptación. Esta situación ha empezado a cambiar en los últimos años, debido al rápido crecimiento del volumen de información que gestionan determinados sistemas y al crecimiento de la popularidad de nuevos tipos de sistemas hipermedia adaptativos orientados a la información. Este fenómeno ha dado lugar a que los intereses de los usuarios compitan junto al nivel de conocimiento de los estudiantes dentro de los sistemas adaptativos educativos como rasgo más relevante.

- Los **objetivos** de los usuarios están relacionados con su contexto y pueden estar relacionados con el trabajo, la búsqueda de información o la realización de actividades de aprendizaje. Estos objetivos pueden variar a lo largo del tiempo y los sistemas hipermedia adaptativos deben conocerlos para poder satisfacerlos.
- La **experiencia previa** del usuario dentro del núcleo del dominio es otro de los rasgos que se puede tener en cuenta en los modelos de usuario de los sistemas adaptativos. Por ejemplo, el núcleo del dominio de una guía de una ciudad es tanto la ciudad específica en sí como sus objetos de interés.
- Dentro de los **rasgos personales** de los usuarios, se encuentran características relacionadas con su personalidad (por ejemplo, introvertido – extrovertido), estilos cognitivos (por ejemplo, si los alumnos prefieren tener una primera visión global de la información antes de ver paso a paso toda la información de una manera más detallada; o por el contrario, prefieren ir paso a paso y no desean una visión general previa); y los estilos de aprendizaje, características psicológicas relacionadas con las distintas maneras en las que un individuo puede aprender.
- Por último, la inclusión de rasgos de adaptación relacionados con el **contexto de trabajo** del usuario dentro de los modelos de usuario es reciente en los sistemas hipermedia adaptativos, debido a la utilización de dispositivos móviles. Más detalles al respecto, se ofrecerán en la sección 2.3 (“Adaptación y colaboración con dispositivos móviles”).

Normalmente, cada tipo de sistema adaptativo utiliza un subconjunto de estos rasgos de adaptación. En la figura 2.1 se pueden observar los rasgos de usuario modelados con más frecuencia en función de distintos tipos de sistemas hipermedia adaptativos. En el caso de los sistemas adaptativos aplicados al área de educación, los rasgos más utilizados son el nivel de conocimiento de los estudiantes y sus objetivos. Sin embargo, los sistemas adaptativos de información y los sistemas de recomendación suelen centrarse en modelar los intereses de los usuarios. Los sistemas donde los usuarios utilizan dispositivos móviles

suelen utilizar el contexto y los objetivos de los usuarios para realizar la adaptación. Por último, los sistemas hipertexto adaptativos intentan representar y utilizar un amplio rango de rasgos. Además del nivel de conocimiento de los usuarios y sus intereses, estos sistemas modelan los objetivos de los usuarios, rasgos personales y el contexto donde se encuentran trabajando [Brusilovsky07].

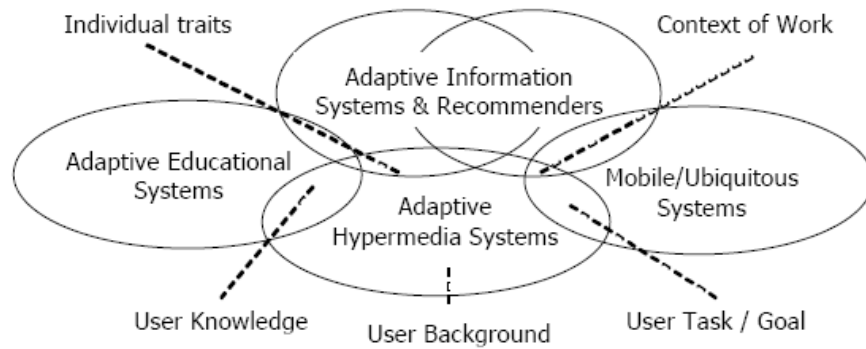


Figura 2.1. Rasgos de usuario modelados en sistemas adaptativos [Brusilovsky07]

Para representar y almacenar todos estos rasgos de adaptación dentro del modelo de usuario, se pueden utilizar diferentes métodos, como el uso de estereotipos [Kay00], aprendizaje automático [Webb01], redes semánticas [Brusilovsky96a] o redes bayesianas [Li05] entre otros.

En este trabajo se van a crear modelos de usuario basados en las características personales de los usuarios, en sus acciones previas y en las características del contexto en el que se encuentran. Los valores posibles para cada rasgo podrán representarse a través de conjuntos de valores discretos, ya sean numéricos o estereotipos, o mediante intervalos de valores en el caso de datos numéricos. A través de esta representación, se pueden especificar todas las características que se deseen tener en cuenta para recomendar actividades dentro de entornos adaptativos móviles.

En general, los valores para cada uno de los rasgos considerados en el modelo de usuario pueden preguntarse directamente al usuario cuando se registra en el sistema adaptativo (por ejemplo, tipo de información deseada o idioma), o conseguirse de forma dinámica a través del propio sistema (por ejemplo, porcentaje de ejercicios realizados correctamente). A veces puede ser necesario utilizar cuestionarios específicos para conseguir información más compleja como estilos de aprendizaje [Felder96] [Felder88], personalidad [Costa89] o inteligencia [Thurstone38]. Actualmente se están realizando investigaciones con el objetivo de adquirir este tipo de información sin tener que pedir a los usuarios que realicen los cuestionarios correspondientes. Por ejemplo, en [Ortigosa08] se presenta una propuesta para reducir el número de preguntas del cuestionario de estilos de aprendizaje basado en el modelo de Felder-Silverman, teniendo en cuenta la tendencia

general del estudiante y no el resultado específico obtenido en cada una de las dimensiones. En [Spada08] se presenta una propuesta para predecir la dimensión secuencial-global de los estilos de aprendizaje de los alumnos, también basada en el modelo de Felder-Silverman, a través de patrones de movimiento del ratón. Actualmente, se considera la integración de estos trabajos en la presente propuesta.

2.1.2. Métodos y técnicas de adaptación

En 1996, Brusilovsky presentó una primera clasificación de los métodos y técnicas de hipertexto adaptativa [Brusilovsky96a], los cuales han sido utilizados ampliamente y referenciados en multitud de ocasiones. Esta clasificación considera dos clases de adaptación: **adaptación de la presentación** (adaptación a nivel de contenidos) y la **adaptación de la navegación** (adaptación a nivel de enlaces). El objetivo de la adaptación de la presentación es adaptar los materiales presentados en cada una de las páginas a las características de los usuarios; mientras que el objetivo de la adaptación de la navegación es ayudar a los usuarios a encontrar los caminos más adecuados a través del hipertexto adaptando los enlaces presentados.

Para desarrollar sistemas hipertexto adaptativos que incluyan ambas clases de adaptación se pueden combinar distintos métodos y técnicas. En este contexto, por un lado, se define **técnica de adaptación** como un procedimiento para permitir que los sistemas hipertexto se adapten a los usuarios que acceden a los mismos. Las técnicas forman parte de la implementación de un sistema hipertexto adaptativo. Por otro lado, un **método de adaptación** se define como una generalización de una técnica de adaptación existente. Un método puede ser implementado mediante diferentes técnicas y al mismo tiempo, cada técnica puede utilizarse para implementar distintos métodos utilizando la misma representación del conocimiento. Actualmente, existen muchos métodos y técnicas para lograr la adaptación de la presentación y dar soporte a la adaptación de la navegación. En [Brusilovsky01], se presenta una descripción detallada de métodos y técnicas de adaptación, que se resume a continuación.

Algunos de los **métodos de adaptación de contenidos** que permiten adaptar los contenidos de un documento a un usuario concreto son los siguientes:

- Método de **explicaciones adicionales**, cuyo objetivo es incluir y/u ocultar aquellas partes de la información asociada a un concepto que se consideren relevantes o irrelevantes para un determinado usuario en función de sus conocimientos sobre dicho concepto.
- Método de explicaciones de requisitos previos y explicaciones comparativas, que adaptan la información presentada a un usuario sobre un concepto al grado de

conocimientos de dicho usuario en función de los conceptos relacionados. El método de **explicaciones de requisitos previos** consiste en insertar explicaciones que engloben los conceptos considerados como requisitos previos y que el usuario no ha asimilado adecuadamente antes de la explicación de un concepto determinado. El método de **explicaciones comparativas** incluye explicaciones entre el concepto que se presenta al usuario y otros conceptos similares presentados previamente.

- Método de **variantes**, que consiste en mostrar la versión de contenidos más adecuada en función del tipo de usuario. Por ejemplo, los usuarios con estilo de aprendizaje visual necesitarán explicaciones con más gráficos e imágenes que los usuarios con estilo de aprendizaje textual, los cuales preferirán explicaciones textuales más detalladas.
- Método de **ordenación**, que muestra los contenidos relacionados con el concepto que se desea presentar al usuario ordenados por relevancia, teniendo en cuenta la procedencia y los conocimientos del usuario.

Para la implementación de estos métodos existen varias **técnicas de adaptación de contenidos**:

- Técnica de **texto condicional**, en la que la información relacionada con un concepto se divide en varios fragmentos de texto. Cada uno de estos fragmentos está asociado a una condición relacionada con alguno de los rasgos representados en el modelo de usuario. Antes de presentar la información, el sistema selecciona las porciones de texto cuya condición se satisface.
- Técnica de **texto expansible**, que permite presentar un texto expandido/contraído en función de ciertos parámetros del usuario, y permite al usuario modificar su estado..
- Técnica de **variantes de fragmentos y de páginas**, donde se presenta al usuario la versión de una página o fragmento de contenidos más adecuado en función de sus características personales.
- Técnica **basada en marcos**, la cual representa la información de un concepto como un marco donde sus campos contienen distintas explicaciones para un concepto, enlaces a otros marcos, ejemplos, etc. Para decidir los campos más adecuados para un usuario y el orden de presentación, se utilizan reglas de adaptación que incluyen características del modelo de usuario.

Los **métodos para la adaptación de las opciones de navegación** se describen a continuación:

- Método de **guía global**, cuyo objetivo es ayudar a los usuarios a encontrar los caminos de navegación más cortos para conseguir sus objetivos. Para ello, se pueden utilizar distintas técnicas para sugerir al usuario en cada paso qué enlaces debe seguir, o se pueden ordenar los enlaces según el grado de relevancia.

- Método de **guía local**, que consiste en ayudar al usuario a elegir la siguiente opción de navegación, sugiriéndole los enlaces siguientes más relevantes partiendo de un determinado nodo en función de sus preferencias y nivel de conocimiento.
- Método de **ayudas para la orientación global** donde se facilita al usuario la comprensión de la estructura de todo el hiperespacio y dónde se encuentra ubicado dentro del mismo.
- Método de **ayudas para la orientación local** cuyo objetivo es orientar al usuario dentro de un conjunto de información suministrando información adicional sobre los nodos disponibles en cada momento y limitando el número de opciones de navegación.
- Método de **gestión de vistas personalizadas** que organiza un espacio de trabajo para que los usuarios accedan a un conjunto pequeño del mismo con enlaces a los documentos relevantes.

Con el objetivo de implementar estos métodos, existen diferentes **técnicas de adaptación de las opciones de navegación**, las cuales pueden combinarse entre sí:

- La técnica de **guía directa** sugiere el mejor enlace que el usuario debe seleccionar en el paso siguiente.
- La técnica de **ordenación de enlaces** muestra un listado de enlaces ordenado en función de la relevancia para el usuario.
- La técnica de **ocultación de enlaces** consiste en ocultar los enlaces inapropiados o irrelevantes para un determinado usuario, pero manteniendo el texto que aparecía en el propio enlace.
- La técnica de **eliminación de enlaces** consiste en eliminar tanto el enlace como el texto del mismo.
- La técnica de **anotación de enlaces** consiste en añadir información sobre el estado de los nodos a los que conduce un determinado enlace dentro del propio enlace, sin eliminar ni el texto ni el enlace asociado.
- Por último, la técnica de **adaptación de mapas** permite cambiar la vista de una estructura de enlaces.

2.1.3. Diseño y evaluación de sistemas hipermedia adaptativos

Antes de desarrollar un sistema hipermedia adaptativo, hay que tener en cuenta una serie de factores y decisiones que afectarán al sistema a desarrollar, como los rasgos de los usuarios que se considerarán en el proceso adaptativo, el tipo de adaptación que se ofrecerá a los usuarios (adaptación de la presentación, adaptación de la navegación o ambas) o los métodos y técnicas de adaptación que se utilizarán en su implementación [Carro02].

Una vez tomadas estas decisiones, se procederá a diseñar e incluir en el sistema toda la información relacionada con las actividades a realizar por los usuarios, así como sus posibles relaciones entre ellas, los diferentes contenidos multimedia que serán ofrecidos a cada tipo de estudiante en cada una de las actividades, y las relaciones entre actividades y contenidos multimedia.

Es difícil evaluar los sistemas hipermedia adaptativos debido a la riqueza de sus descripciones [Brusilovsky96a], al hecho de que están orientados a distintos tipos de usuarios, y a que hay información que se genera dinámicamente [Carro01]. En el contexto de los sistemas hipermedia adaptativos educativos, la mayoría de las evaluaciones empíricas se centran en evaluar los beneficios del aprendizaje adaptativo frente al no adaptativo. En estos casos, la evaluación se realiza comparando el comportamiento del usuario y su rendimiento mientras interactúa con diferentes versiones de los mismos contenidos [Bontcheva02] [Calvi00] [Cawsey00] [Gena02] [Smid02]. En la mayoría de los experimentos, se concluye que las versiones adaptativas son más efectivas, ya que el usuario tarda menos tiempo en resolver las tareas propuestas y su nivel de satisfacción es mayor cuando interactúa con estos entornos [Cawsey00] [Gena02] [Smid02]. Estas conclusiones se basan principalmente en las opiniones de los usuarios [Cawsey00] [Gena02] [Arruabarrena02], el tiempo que tardar en realizar las tareas [Gena02] [Smid02] y/o sus resultados en actividades prácticas [Calvi00]. Algunos estudios analizan las interacciones de los usuarios en función de los contenidos visitados y el estilo de navegación [Bontcheva02]. Por último, en [Bravo07] se presenta cómo utilizar técnicas de minerías de datos para comprobar si las decisiones de adaptación benefician a todos los estudiantes de un sistema hipermedia adaptativo o si por el contrario, algunos de ellos se beneficiarían de una adaptación diferente a la que se le ha ofrecido. Actualmente se está considerando la posibilidad de incorporar este tipo de funcionalidad para la evaluación de las recomendaciones ofrecidas en los entornos a los que se da soporte en esta propuesta.

2.1.4. *Sistemas hipermedia adaptativos educativos*

Las aplicaciones educativas más antiguas en el área de la “Hipermedia Adaptativa” datan de principios de los años 90. Los primeros cursos que se realizaron a través de Internet consistían básicamente en libros electrónicos con capítulos de libros y secciones a leer con enlaces que los relacionaban [Brusilovsky96b]. En entornos más modernos de aprendizaje a distancia, los capítulos y secciones fueron reemplazados por actividades a realizar [Carro99]. La adaptación de contenidos considera diferentes tipos de recursos educativos, así como herramientas que dan soporte a la realización de las actividades. Y la guía de navegación ofrecida incluye capacidades de recomendación de actividades y herramientas dependiendo de las distintas situaciones de los estudiantes [Martín07a].

Algunos sistemas hipermedia adaptativos más conocidos en el ámbito internacional son ELM-ART [Brusilovsky96b], AHA! [DeBra03], WHURLE [Moore01], APeLS [Conlan02], TANGOW [Carro99]. ELM-ART II [Weber01] está basado en ELM-ART (*‘Episodic Learner Model-Adaptive Remote Tutor’*) [Brusilovsky96b]. El sistema ELM-ART daba soporte a la programación basada en ejemplos, el análisis de las soluciones de los problemas y facilidades para el depurado de programas y pruebas sobre los mismos. Las interacciones de los estudiantes se guardaban en el modelo del usuario y se actualizaban dinámicamente. El sistema generaba distintos enlaces en función del conocimiento del estudiante. Estos enlaces eran anotados visualmente con distintos colores que se correspondían con la disponibilidad de la página asociada. Cuando un estudiante se registraba en el sistema, debía completar una encuesta sobre su experiencia con navegadores web, lenguajes de programación y uso de ordenadores. La guía entre las actividades del curso era estricta cuando los estudiantes tenían menos conocimiento previo en estas tres cuestiones, y era más flexible si se poseía experiencia en alguna de ellas. En la siguiente versión (ELM-ART II), se añadieron ejercicios tipo *test* y ejercicios de respuesta libre. Los resultados de estos ejercicios permiten al sistema conocer el conocimiento del alumno de una manera más exacta e inferir su nivel actual. Además, esta nueva versión incluye herramientas de comunicación como foros, chats y correo electrónico, las cuales permiten a los estudiantes, preguntar y contestar mensajes en los foros, comunicarse con sus compañeros y enviar mensajes o preguntas a sus profesores.

AHA! (*‘Adaptive Hypermedia Architecture’*) [DeBra03] fue construido a partir del sistema AHA, cuya primera versión fue desarrollada en 1998 [DeBra98]. Originalmente se desarrolló para dar soporte a cursos a través de Internet ofreciendo algunas explicaciones extra y ocultando en determinadas ocasiones enlaces ofrecidos a los usuarios. El proceso de adaptación se encarga de actualizar el modelo de usuario, el cual está constituido por conceptos y atributos. Las páginas de un curso pueden tener requisitos, los cuales han sido previamente definidos por el autor del mismo. Para cada estudiante, el esquema del curso se actualiza en cada paso y sus enlaces son marcados con diferentes colores para indicar cuáles han sido visitados y cuáles se encuentran disponibles.

WHURLE (*‘Web-based Hierarchical Universal Reactive Learning Environment’*) [Moore01] es un sistema adaptativo para entornos educativos donde el proceso de aprendizaje de los alumnos es considerado como un diálogo entre profesor y estudiante. El conocimiento se estructura en distintas partes de información que se adaptan al estudiante a lo largo de una lección. Los profesores son los responsables de crear las lecciones y de proveer al sistema un camino por omisión a través de los fragmentos de información. La narrativa propuesta por omisión se adapta a las necesidades de cada estudiante almacenadas en su modelo de usuario.

APeLS (*“Adaptive Personalized eLearning Service”*) [Conlan02] es un sistema adaptativo que permite adaptar tanto los contenidos presentados en cada una de las páginas a los estudiantes como los enlaces a las secciones anteriores y posteriores del curso. La adaptación se realiza teniendo en cuenta tres modelos donde se almacena información sobre los objetivos de aprendizaje, el nivel de experiencia del propio estudiante, y los contenidos y reglas que definirán la selección y la ordenación de los conceptos presentados al estudiante.

TANGOW (*“Task-based Adaptive learner Guidance On the Web”*) [Carro01] [Tangow] es un sistema hipermedia que da soporte a la adaptación de contenidos, organización de tareas y guías de navegación ofrecidas en cursos adaptivos. La estructura de un curso está definida en términos de tareas docentes y reglas estructurales. Por un lado, las tareas docentes son las unidades básicas que representan explicaciones teóricas, ejemplos o ejercicios individuales. Estas tareas están relacionadas con distintas versiones de contenidos los cuales compondrán las páginas generadas para cada tarea. Por otro lado, las reglas estructurales del curso definen la organización de las tareas, el instante de tiempo en el cual se presentarán, el orden en el que los estudiantes deberán realizar las subtarefas y cuáles son los requisitos de realización de ciertas actividades (si existen). Cuando los estudiantes interactúan con el sistema, el mecanismo de adaptación selecciona a cada paso las tareas y contenidos más adecuados almacenando información dinámica sobre las acciones de los alumnos y actualizando el modelo de usuario. Además, TANGOW permite incluir información adicional basada en los estilos de aprendizaje de los estudiantes dentro de los rasgos que se consideran en el proceso de adaptación [Paredes03]. Paredes y Rodríguez muestran en [Paredes02] cómo utilizar la teoría de estilos de aprendizaje de Felder y Silverman [Felder88] para adaptar automáticamente la secuencia de contenidos presentados a los estudiantes utilizando las dimensiones secuencial-global y sensorial-intuitivo de sus estilos de aprendizaje. El modo en que se realiza la adaptación en el sistema TANGOW ha constituido una de las bases de la propuesta que se presenta en esta memoria.

También merece la pena destacar los trabajos presentados en [Martín05] y [Hernán08], en los que se presentan dos aplicaciones educativas que adaptan los contenidos presentados al estudiante en función de su nivel de conocimiento. En [Martín05] se presenta un sistema de enseñanza a través de Internet que permite a los estudiantes formarse de una forma flexible para aprobar el examen teórico del permiso de conducción de vehículos de la Dirección General de Tráfico en España. El estudio de la materia se realiza a través de un manual, un foro de consultas y exámenes generales o específicos de tipo test, los cuales son generados dinámicamente adaptándose en función del nivel de conocimiento de cada alumno en cada momento. En [Hernán08] se presenta una aplicación adaptativa educativa orientada al aprendizaje del concepto de herencia en lenguaje Java.

Esta aplicación está basada en la taxonomía de Bloom [Bloom56]. El nivel de dificultad de las preguntas propuestas cambia dependiendo de las respuestas del usuario.

2.1.5. Sistemas de recomendación

Como se comentó en la sección 2.1.1, los sistemas de recomendación son un tipo particular de sistemas adaptativos que se centran en modelar los intereses y preferencias de los usuarios [Brusilovsky07]. Un sistema de recomendación es capaz de realizar recomendaciones personalizadas a un determinado usuario o de guiarle a través de objetos interesantes y útiles dentro de un gran espacio de posibles opciones (por ejemplo, películas, música, libros noticias, imágenes y páginas web entre otros) [Burke02]. Típicamente, un sistema de recomendación compara el perfil del usuario al que va a ofrecer la recomendación con algunas de las características de referencia, que provienen de la información de cada uno de los elementos considerados en el sistema o de su entorno social.

La diferencia principal entre un motor de búsqueda y los sistemas de recomendación es que los motores de búsqueda devuelven todos los elementos que cumplen una determinada condición, mientras que los sistemas de recomendación ofrecen una recomendación personalizada basada en los intereses de cada usuario [Burke02]. Actualmente, ambos tipos de sistemas están convergiendo.

Técnicas de recomendación

Burke presentó un resumen con diferentes técnicas utilizadas para realizar recomendaciones adecuadas a usuarios [Burke02]:

- **La recomendación colaborativa** es probablemente una de las técnicas más utilizadas. Consiste en recomendar elementos en función de las preferencias y categorizaciones de distintos usuarios. Este tipo de recomendación funciona mejor cuando los usuarios se encuentran en un entorno con usuarios de intereses similares. Por ejemplo, esta técnica se ha utilizado dentro de un sistema que recomienda distintos tipos de música basándose en los intereses del usuario y en las valoraciones previas realizadas por usuarios con gustos similares [LastFM]. En el ámbito de la enseñanza, esta técnica se ha utilizado para ofrecer recomendaciones sobre la guía de navegación basadas en la información de otros usuarios en el sistema Educo, un sistema de aprendizaje a través de Internet [Kurahila02]. En otros trabajos se emplea esta técnica para realizar recomendaciones a estudiantes con algún tipo de discapacidad sobre las siguientes acciones a realizar teniendo en cuenta las acciones previas de estudiantes con características similares [Rodríguez08].

- La **recomendación demográfica** se encarga de categorizar al usuario basándose en información demográfica tal como género, edad o nacionalidad. La ventaja de este método es que no necesita conocer ninguna valoración previa de los usuarios para realizar la recomendación, aunque sí necesita reunir la información demográfica.
- La **recomendación basada en contenidos** utiliza los atributos de los elementos (contenidos) y los intereses del usuario en dichos atributos para realizar la recomendación. Esta técnica puede utilizarse en una gran cantidad de dominios para recomendar páginas Web, noticias, restaurantes o programas de televisión entre otros. El principal problema es que necesitan reunir suficientes votos para construir un clasificador adecuado. Pazzani y Billsus presentan las características principales de distintos sistemas de recomendación que utilizan esta técnica así como algunos ejemplos en [Pazzani07].
- La **recomendación basada en la utilidad** se centra en los atributos de los elementos para calcular la utilidad de un determinado elemento para un usuario y poder realizar las recomendaciones oportunas. En [Stolze01] se presenta un marco de trabajo que representa la estrategia de la venta como un conjunto de parámetros reflejando las preferencias tanto de vendedores como de compradores y realizando recomendaciones en función de la utilidad de cada elemento para cada usuario.
- La **recomendación basada en el conocimiento** se realiza en función de la deducción de las preferencias del usuario y sus necesidades. Al igual que la recomendación basada en la utilidad, no intenta construir generalizaciones a largo plazo sobre el usuario. Para funcionar de una forma óptima, los sistemas de recomendación basados en el conocimiento necesitan conocer las características de los objetos a recomendar, las preferencias del usuario y cómo relacionar las características de los objetos con las preferencias del usuario para poder satisfacer sus necesidades. Por ejemplo, el buscador Google [Google] utiliza este tipo de inferencia para deducir qué está buscando el usuario en función de las palabras clave que introduce en la consulta. Esta técnica es muy útil para realizar exploraciones puntuales ya que exige menos información al usuario que un sistema basado en la utilidad. Dentro del campo de la enseñanza, en [Wang06], se presenta un sistema de recomendaciones personalizadas basado en la Web. Este sistema combina las técnicas de recomendación basada en el conocimiento junto con las técnicas de filtrado colaborativo y filtrado basado en contenidos. Sin embargo, no ofrece recomendaciones basadas en rasgos de adaptación como estilos de aprendizaje, o el nivel de detalle de la información deseada por el usuario, entre otros. Además, tampoco da soporte a recomendaciones basadas en el contexto de los usuarios (tiempo del que disponen o dispositivo utilizado).

Las técnicas de filtrado colaborativo, recomendación demográfica y recomendación basada en contenidos tienen el problema de que al establecer un perfil de un usuario, es difícil

cambiar sus preferencias. Por este motivo, muchos sistemas adaptativos que utilizan estas técnicas incluyen algún ajuste temporal para hacer que los votos más antiguos tengan menos influencia que los nuevos [Billsus00].

Cada una de las técnicas anteriores tiene sus ventajas e inconvenientes. Por este motivo es usual que los sistemas de recomendación combinen más de una técnica para conseguir un rendimiento mayor. La combinación más utilizada actualmente consiste en unir el filtrado colaborativo con alguna otra técnica de recomendación. Algunas de las combinaciones posibles se muestran en distintos tipos de sistemas híbridos como los sistemas de recomendación ponderados, sistemas de intercambio, sistemas mixtos o sistemas en cascada [Burke02]. A continuación se explican las características de cada uno de ellos:

- En los **sistemas de recomendación híbridos ponderados**, la puntuación de un elemento recomendado se obtiene a partir de una combinación de todos los datos de las técnicas de recomendación disponibles en el sistema. Por ejemplo, el sistema híbrido más simple sería utilizar la combinación lineal de todos los resultados para realizar la recomendación. Claypool et al. presentan P-Tango [Claypool99], un sistema híbrido con pesos ponderados utilizado en un periódico al que los usuarios acceden a través de Internet. Dicho sistema utiliza filtrado colaborativo y recomendación basada en contenidos.
- Los **sistemas de recomendación híbridos de intercambio** utilizan un criterio para alternar el uso de la técnica de recomendación utilizada entre varias disponibles. DailyLearner [Billsus00] es un sistema híbrido de recomendación que utiliza filtrado colaborativo y recomendación basada en contenidos. Primero aplica la técnica de recomendación basada en contenidos y si ésta no obtiene unos resultados con suficiente grado de confianza, entonces utiliza el filtrado colaborativo.
- En los **sistemas híbridos mixtos** se utiliza más de una técnica para mostrar los resultados combinados con el objetivo de ofrecer un número más amplio de recomendaciones. Por ejemplo, el sistema PVT [Smyth00] utiliza esta propuesta para recomendar programas de televisión utilizando recomendación basada en contenidos sobre las descripciones textuales de los programas de televisión y un filtrado colaborativo sobre las preferencias de otros usuarios.
- Los **sistemas híbridos en cascada** utilizan una técnica para obtener un listado de candidatos que posteriormente es refinado utilizando otra. En [Taschuk07] se presenta un sistema de recomendación híbrido en cascada basado en el conocimiento y en los contenidos llamado Bluejay Genomic Browser. En este sistema, las recomendaciones se realizan en función de los intereses investigadores del usuario teniendo en cuenta las anotaciones realizadas sobre los grandes volúmenes de información que maneja.
- Otra manera de lograr combinar los contenidos y las opiniones de otros usuarios consiste en tratar la información como un atributo más asociado a cada ejemplo y

utilizar las técnicas basadas en contenidos para incrementar la información del conjunto (**combinación de rasgos**). También se puede combinar información entre dos técnicas de tal manera que la salida de ellas sea la entrada de la siguiente. Semeraro et al. [Semeraro05] presentan un sistema híbrido que utiliza la combinación del filtrado colaborativo y los perfiles de usuario inferidos a través de métodos basados en contenidos. El valor añadido está en la existencia de información adicional en los perfiles de usuario. En [Rutledge08] se presenta como combinar el filtrado colaborativo con una recomendación basada en contenidos especial llamada “recomendación basada en contenidos con los roles invertidos”. Esta última técnica se basa en intercambiar los roles de los elementos con sus características a la hora de realizar la recomendación; es decir, se procesan las características como elementos.

Muchos de los sistemas de recomendación que utilizan la técnica de filtrado colaborativo se basan en modelos de Markov para predecir el comportamiento de los usuarios. Como los modelos de Markov se van a utilizar en la propuesta de esta tesis, se dedica un apartado de esta memoria a explicar sus principales características, incluyendo ejemplos de algunos sistemas que los utilizan.

Modelos de Markov

Para poder realizar predicciones, muchos de los sistemas de recomendación utilizan modelos de Markov [Rabiner89]. Los modelos de Markov se han utilizado para modelar multitud de procesos secuenciales en áreas como tratamientos de ficheros históricos, biología, reconocimiento de voz, procesamiento de lenguaje natural o robótica. Estos modelos fueron descritos por primera vez en una serie de artículos estadísticos en la segunda mitad de la década de 1960 [Baum70].

Un modelo de Markov de primer orden se encuentra definido por una serie de estados y las probabilidades de pasar de un estado a otro. En cada paso el sistema puede cambiar de estado o mantenerse en el mismo de acuerdo a una determinada distribución de probabilidad. Los cambios entre estados se denominan transiciones y las probabilidades asociadas a los cambios entre estados son las probabilidades de transición. En estos modelos, el estado es directamente visible al observador y las probabilidades de transición entre estados son parámetros. Los modelos ocultos de Markov contienen dos tipos de variables: estados y observaciones. En este caso, los estados no son directamente visibles pero las variables que tienen influencia sobre el estado sí lo son. Por tanto, aparte de las probabilidades de transiciones entre estados, también tienen definidas las probabilidades de realizar una determinada observación dentro de un estado específico. La utilización de modelos de Markov permite predecir comportamientos de los usuarios y realizar

sugerencias en función de las características e intereses del propio usuario y de usuarios similares. Algunos sistemas de recomendación que utilizan redes de Markov son PROTEUS [Anderson02] y el presentado en [Kurian06]. PROTEUS es un sistema que permite personalizar los sitios Web teniendo en cuenta los patrones de navegación de una determinada persona. El objetivo de este sistema es reducir el tiempo y el esfuerzo de los usuarios en la búsqueda de información. La adaptación de este sistema consta de dos fases. En la primera se construyen los modelos de usuario a partir de los ficheros históricos con la información del usuario. En la segunda, partiendo de todas las posibles opciones de adaptación del sitio web (inclusión de un enlace entre dos páginas, reordenación de los elementos que aparecen en una página, etc.) se selecciona el tipo de adaptación más adecuada en función del modelo de usuario construido en el primer paso. Este sistema utiliza una generalización de los modelos de Markov llamada “modelos de Markov relacionales” y algoritmos para predecir posibles caminos más cortos entre distintas páginas. Por otra parte, en [Kurian06] se presenta un sistema hipermedia semi-automático para la autoría de entornos adaptativos. Este sistema sugiere a los diseñadores del entorno adaptativo los objetos que incluyen información semántica relacionada con el objeto actual. Para realizar la recomendación se utiliza un modelo oculto de Markov basándose en los datos almacenados dentro del histórico de uso del sistema.

A este respecto, sería interesante poder combinar distintos criterios de recomendación y adaptación con recomendaciones basadas en la información de las acciones realizadas previamente por otros usuarios. De esta manera, se reduciría el tiempo empleado en las labores de creación de sistemas adaptativos. El trabajo presentado en esta memoria combina la información previa de otros usuarios con información de expertos (facilitada en términos de reglas de adaptación) para realizar recomendaciones a cada usuario. Durante el proceso de recomendación basada en la información de otros usuarios, se utiliza la técnica de filtrado colaborativo, donde la información sobre acciones previas de los usuarios se representa a través de modelos de Markov. Los detalles al respecto se ofrecerán en la sección 3.2.4 del capítulo siguiente.

2.2. Colaboración

Los orígenes de las actividades colaborativas se encuentran en nuestra sociedad, ya que cada persona es miembro de varios grupos (familia, trabajo, amigos, etc.) dentro de los cuales interactúa con el resto de sus miembros. Nuestra identidad personal se forma a partir de la percepción y el trato con el resto de los miembros de los grupos. Dentro de los grupos, aprendemos a comportarnos, pensar, educarnos a nosotros mismos y aprender de nuestra interacción con el resto de personas [Johnson02].

Además, en lo últimos tiempos, se ha fomentado la participación de las personas en redes sociales. Las redes sociales permiten interactuar con otras personas, incluso aunque no se conozcan entre ellas. Algunas de las redes sociales más populares hoy en día son Facebook [Facebook] o Myspace [Myspace], con millones de usuarios registrados. Cada persona elige formar parte de una red social por diferentes motivos. Por ejemplo, el objetivo de redes sociales como Neurona [Neurona] o Linked-In [Linkedin] es ampliar y mejorar la red profesional de contactos. Otras redes como Tuenti [Tuenti] están orientadas a conectar estudiantes universitarios y de enseñanza secundaria, y son accesibles sólo a través de invitación de un miembro de la propia red. También las personas pueden formar parte de comunidades virtuales dedicadas a la construcción colaborativa del conocimiento [Knowcat] o contribuir a la difusión del conocimiento a través de *wikis* como en el caso de la Wikipedia [Wikipedia], una enciclopedia libre y políglota basada en la colaboración de sus contribuyentes.

En el ámbito de la enseñanza, las experiencias realizadas en las aulas utilizando aprendizaje colaborativo muestran que el proceso de aprendizaje no consiste solamente en la identificación del conocimiento final adquirido, sino que incluye también el reconocimiento de la información que no se conoce y las inconsistencias o conceptos aprendidos de forma incorrecta [Webb89]. En este sentido, el aprendizaje colaborativo [Dillenbourg99a] es una actividad social en la cual los estudiantes construyen su propio conocimiento [Vygotsky78] a través de un proceso activo de aprendizaje [Koschman96] compartiendo distintos puntos de vista con sus compañeros de grupo [Soller07]. El aprendizaje colaborativo facilita el desarrollo y la mejora de ciertas habilidades sociales tales como trabajar en grupo o comunicarse con otras personas [Johnson84]. También estimula el desarrollo de habilidades personales como organizar ideas, argumentar o interactuar con otros estudiantes con el objetivo de construir una solución común e incrementa la motivación de los estudiantes, su participación y autoestima [Johnson85]. Por tanto, la inclusión de actividades colaborativas dentro de entornos de enseñanza a través de Internet enriquece el aprendizaje favoreciendo la interacción de los estudiantes, la discusión sobre determinados conceptos, la resolución cooperativa de problemas y la construcción de conocimiento. Además, realizar actividades colaborativas dentro de este tipo de entornos contribuye a reducir la sensación de aislamiento que tienen los estudiantes cuando se encuentran interactuando solos con este tipo de entornos.

Las ventajas del aprendizaje colaborativo en clases tradicionales y el avance de las tecnologías fueron las características principales en la aparición de sistemas de “aprendizaje colaborativo soportado por ordenador” (CSCL), cuyo principal objetivo es dar soporte a la colaboración entre estudiantes con la ayuda de los ordenadores. Desde principios de los años 90, se han desarrollado muchos sistemas colaborativos y educativos que incluyen herramientas para dar soporte a la colaboración entre los estudiantes tales como foros,

chats, aplicaciones de correo electrónico, sistemas de votaciones, intercambio de ficheros, editores colaborativos textuales y gráficos, entornos para la generación de aplicaciones colaborativas [Mora03], etc. Una selección de los sistemas más relevantes dentro del aprendizaje colaborativo a través de Internet se presenta en [Soller05].

Los sistemas colaborativos pueden configurarse de formas diversas en función de un gran número de variables tales como el tamaño del grupo de trabajo, los criterios de agrupación de los estudiantes, la naturaleza de la actividad colaborativa, la distribución del trabajo entre los miembros del grupo, los criterios de permanencia de los usuarios dentro del mismo grupo de trabajo, etc. Diferentes configuraciones basadas en diversos aspectos se presentan en algunos métodos de intervención pedagógica como “Student Team Learning” [Slavin80] o “Learning Together” [Johnson75]. A partir de la experiencia utilizando estos métodos en las aulas presenciales, se pueden extraer características importantes que pueden aplicarse a los entornos colaborativos a través de Internet.

2.2.1. Formación de grupos de trabajo

La formación de grupos de trabajo es el proceso necesario para identificar los miembros que realizarán una determinada colaboración [Haake04]. La formación de grupos es un aspecto importante en los entornos colaborativos y a menudo descuidada [Muelhenbrock05]. Los grupos de trabajo pueden crearse en función de distintos criterios como el momento de conexión de los usuarios, la situación física o virtual donde se encuentran o características personales de los usuarios, entre otros. Existen algunos sistemas cuyo objetivo es agrupar a personas en grupos de trabajo. Estos sistemas almacenan datos de los usuarios y buscan a los compañeros más adecuados en base a ciertas condiciones como las mencionadas anteriormente.

En el contexto de la enseñanza, las conclusiones extraídas en diferentes estudios realizados sobre el aprendizaje colaborativo en las aulas [Slavin80] pueden servir como orientación para la agrupación de estudiantes en entornos educativos Web con actividades colaborativas. El primer factor a considerar es el tamaño óptimo de los grupos de trabajo. Basándose en experiencias realizadas en el aprendizaje tradicional, los grupos de trabajo deberían estar formados por tres o cuatro personas, ya que la interacción en grupos de trabajo con pocos miembros es más efectiva que la que se lleva a cabo en grupos de trabajo grandes y, por otra parte, en grupos formados por dos personas puede que uno de los miembros no colabore y la actividad no se llegue a realizar [Schwartz91] [Johnson75].

Otro aspecto a considerar es cómo combinar a los estudiantes en los grupos de trabajo. Los grupos homogéneos formados por estudiantes con las mismas habilidades, experiencias e intereses realizan mejor objetivos específicos; sin embargo, los grupos

heterogéneos donde estudiantes con distintas características trabajan juntos pueden obtener más ventajas que los homogéneos [Johnson75]. Por tanto, el profesor deberá decidir cómo constituirá los grupos de trabajo en función de los objetivos de las actividades colaborativas a realizar.

En el caso concreto de los sistemas hipermedia adaptativos que incluyen actividades colaborativas, la formación de grupos es un aspecto importante a tener en cuenta. En estos sistemas, los grupos de trabajo pueden estar preestablecidos o bien se pueden formar automáticamente según el orden de llegada de los estudiantes a las actividades [Carro03b], o considerando características personales como los estilos de aprendizaje de los alumnos [Martín04]. Se han realizado estudios sobre la influencia de distintas características de los estudiantes en el trabajo en grupo [Alfonseca06] [Sánchez07] con el objetivo de obtener criterios para la formación de grupos. Los grupos también se pueden constituir utilizando herramientas como TOGETHER [Paredes08], la cual permite formar grupos de trabajo en función de los estilos de aprendizaje de los alumnos, y facilita la visualización de los resultados de agrupamiento y la modificación de algunos parámetros para obtener los resultados deseados.

2.2.2. Modelo de grupo

La interacción de los usuarios en entornos de aprendizaje a distancia es diferente de la interacción en las aulas, ya que los estudiantes deben adaptar sus interacciones a las características y capacidades de las herramientas disponibles. Además, como se ha apuntado anteriormente, en la enseñanza a través de Internet es importante asegurarse de que tanto las actividades que se proponen a los alumnos como las herramientas colaborativas que se les facilitan hayan sido diseñadas de acuerdo a las necesidades de los usuarios, y que los estudiantes se sientan cómodos mientras se encuentran interactuando con estos entornos. Por ello, también es conveniente adaptar los aspectos colaborativos a las necesidades de los estudiantes. Soller propone cómo poder dar soporte a la realización de actividades colaborativas dentro de entornos adaptativos en [Soller07].

Para poder adaptar las actividades colaborativas a los grupos de trabajo, es necesario almacenar información sobre los propios grupos. Las características que describen los grupos de trabajo constituirán el modelo de grupo. La información relevante que se puede almacenar dentro del modelo de grupo comprende información sobre: los miembros del grupo; las actividades asignadas al grupo; los roles de cada miembro en cada actividad (en caso de estar especificados); los resultados obtenidos en actividades colaborativas ya realizadas; las opiniones de los estudiantes sobre experiencias previas de colaboración; el número de contribuciones realizadas, entre otros.

También se puede incluir información dinámica relacionada con el rendimiento del grupo y con el de cada uno de los individuos. Con el objetivo de medir la interacción y el rendimiento de los grupos, se pueden tener en cuenta aspectos como la evolución del número de contribuciones de un usuario o del grupo, el tamaño de las contribuciones, grado de interactividad frente al resto de los miembros de un grupo, evolución de la discusión, etc [Barros00].

2.2.3. Recomendaciones a grupos de trabajo

En general, la realización de recomendaciones a grupos de trabajo está basada en las preferencias individuales de cada uno de los miembros del grupo. Sin embargo, se necesita algún tipo de método adicional para combinar las preferencias individuales, de tal manera que se puedan realizar las recomendaciones más adecuadas de elementos particulares a un determinado grupo o comunidad [Jameson07]. Por ejemplo, en [Kleanthous08] se presenta cómo modelar distintas relaciones semánticas con el objetivo de que los miembros de una comunidad puedan compartir conocimientos de una forma sencilla. La información de los individuos se combina con el modelo de relaciones para identificar las situaciones donde el usuario necesita ayuda con el fin de mejorar el funcionamiento de la comunidad como un conjunto.

Aunque existen varias formas de representar y unir las preferencias de los usuarios, la mayoría de las propuestas sigue uno de estos tres esquemas: combinación de conjuntos de recomendaciones, suma de las calificaciones de los individuos para elementos particulares o construcción de modelos con las preferencias de los grupos [Jameson07]. La combinación de conjuntos de recomendaciones consiste en un método de agregación simple que consiste en seleccionar un número pequeño de las posibles recomendaciones y combinarlos en una única lista. La suma de clasificaciones de los individuos para cada uno de los elementos particulares consiste en predecir el grado de interés de cada una de las posibles recomendaciones y recomendar el conjunto de candidatos que tenga mayor grado de interés. Por último, se pueden construir modelos con las preferencias de los grupos recomendando aquellos elementos que sean más relevantes para todo el grupo como un conjunto, no para cada individuo que forma parte del grupo. A continuación se describen algunos ejemplos de sistemas que utilizan estos esquemas.

PolyLens [OConnor01] es una extensión de un sistema de recomendación llamado MovieLens [MoviLens], el cual realiza recomendaciones de películas. PolyLens permite a los usuarios crear nuevos grupos y gestionarlos, seleccionar si están buscando recomendaciones individuales o recomendaciones a grupos y recibir invitaciones para unirse a un grupo. Para realizar la recomendación, este sistema realiza un filtrado colaborativo utilizando la suma de las clasificaciones de distintos usuarios cuando se desea

recomendaciones individuales, o la información sobre las preferencias de un determinado grupo en el caso de recomendaciones grupales. En ambos casos, la lista de recomendaciones se encuentra ordenada por orden de relevancia.

Los modelos con las preferencias de los grupos pueden construirse como la suma de los modelos de preferencia de los distintos usuarios o como la suma de la preferencia de subgrupos. En el caso de LET's BROWSE [Lieberman99], un sistema de recomendación de sitios Web para grupos, el modelo de grupo se construye a partir de la combinación lineal de los modelos de usuario donde se reflejan qué tipos de páginas les gusta ver a cada usuario. Sin embargo, INTRIGUE [Ardissono03] está diseñado para ayudar a los guías turísticos que necesitan diseñar recorridos para grupos heterogéneos dentro de los cuales hay grupos homogéneos como los niños. En este caso, el modelo de grupo se realiza a partir de cada uno de los subgrupos teniendo en cuenta los posibles recorridos para cada uno de ellos. Además, se consideran de especial importancia los subgrupos con personas discapacitadas.

2.2.4. Sistemas adaptativos y colaborativos

En algunos casos se combinan las técnicas de adaptación y colaboración para ofrecer una adaptación de los distintos aspectos de la colaboración. Algunos trabajos relacionados con la adaptación de actividades colaborativas en sistemas de enseñanza a través de Internet son EPSILON [Soller01], DomoSim-TPC [Bravo06b] [Redondo07], COALE [Furugori02], WebDL [Gaudioso02], COL-TANGOW [Carro03b], IMMEX [Soller07] o ALPE [Santos07].

EPSILON incluye un agente inteligente que provee de soporte pedagógico a los estudiantes en entornos de aprendizaje colaborativo basados en la Web. El agente observa la conversación entre los miembros del grupo, analiza el diálogo entre estudiantes e identifica las acciones de los distintos miembros del mismo grupo clasificándolas como correctas o incorrectas. Este entorno ayuda a desarrollar habilidades de comunicación y elige automáticamente a los miembros de cada uno de los grupos de trabajo en función de sus características.

DomoSim-TPC es un entorno colaborativo síncrono para la enseñanza y el aprendizaje de la domótica. Este entorno da soporte a simulaciones y resoluciones de problemas para aprender a diseñar automáticamente una casa. A través de este entorno, los profesores pueden proponer distintas actividades que los estudiantes llevarán a cabo de una forma colaborativa construyendo diseños a través de herramientas de modelado y de simulación. En [Redondo07], se presenta PlanEdit, la evolución de DomoSim, una herramienta que tiene las mismas funcionalidades y además incorpora características de

adaptación y guía a los estudiantes. PlanEdit es un editor adaptativo de estrategias de diseño para facilitar el aprendizaje de la construcción de modelos. A través de este editor los estudiantes deberán construir un modelo que satisfaga las especificaciones de diseño del problema planteado. La herramienta guía a los estudiantes mientras resuelven el problema, facilitándoles ayudas y ocultando o prohibiendo posibles alternativas teniendo en cuenta sus acciones mientras interactúan con esta herramienta

COALE es un entorno para el aprendizaje colaborativo donde para cada actividad colaborativa a realizar se recomienda a los estudiantes diferentes ejercicios y los compañeros con los que interactuará dentro de su grupo de trabajo. Sin embargo, aunque se ofrezca la recomendación, este sistema permite a los estudiantes elegir el siguiente ejercicio a realizar, así como los compañeros con los que colaborarán.

Por su parte, WebDL es un sistema adaptativo para el aprendizaje cooperativo a distancia a través de Internet. El objetivo principal de este sistema es favorecer el acceso del usuario a los servicios que se ofrecen (foros, fuentes de información, etc.), así como facilitar la colaboración entre los miembros de un mismo grupo de una forma sencilla. Este sistema se centra en dar soporte a la navegación y a la colaboración teniendo en cuenta características personales de los usuarios, preferencias y datos de interacción con la plataforma.

COL-TANGOW es un sistema adaptativo que da soporte a la formación automática de grupos de trabajo y a la generación dinámica de espacios de trabajo colaborativos dentro de cursos adaptativos que se realizan a través de Internet. Ha sido implementado a partir del sistema TANGOW [Carro01], incorporando un nuevo tipo de tarea colaborativa, nuevas reglas de adaptación que dan soporte a la especificación y adaptación de los distintos espacios de trabajo que se les ofrecerá a los estudiantes y las características y funcionalidades para la generación automática de grupos de trabajo [Carro03a]. Para cada estudiante, estos cursos se generan dinámicamente seleccionando en cada paso las actividades colaborativas más adecuadas, el instante de tiempo en el que se presentarán a los estudiantes, los problemas concretos que se realizarán, los compañeros más adecuados para cooperar y las herramientas colaborativas que facilitarán la interacción entre los estudiantes [Carro03b].

IMMEX es un entorno de aprendizaje que ayuda a grupos de estudiantes a desarrollar hipótesis, evaluarlas y analizar tests realizados en los laboratorios mientras resuelven problemas del mundo real. Este entorno incluye navegación web colaborativa, facilidades de sincronización y una interfaz con un chat estructurado. Las características que se tienen en cuenta dentro del modelo de usuario son el progreso en el aprendizaje, su rendimiento y las estrategias preferidas a la hora de resolver problemas, entre otros. Además, los modelos de los estudiantes se utilizan también para realizar predicciones sobre

la trayectoria más probable de aprendizaje de un estudiante. Estas predicciones se realizan utilizando redes de Markov.

Por último, ALPE es una plataforma para el aprendizaje que provee a los usuarios de un completo marco de trabajo con funcionalidades para la gestión del curso, herramientas de comunicación con el resto de los usuarios, gestión de contenidos para publicar información relacionada con asuntos académicos, y gestión del aprendizaje de los alumnos. Con el objetivo de hacer que los contenidos fueran accesibles para todo el mundo, esta plataforma se encarga de seleccionar las versiones de contenidos más adecuadas y ofrecerlas en un formato apropiado para cada usuario. Para realizar esta selección, se consideran las posibles discapacidades visuales y auditivas de los usuarios.

La inclusión de actividades colaborativas dentro de entornos adaptativos hace posible la adaptación de estas actividades a las características de los usuarios y grupos de trabajo. En este trabajo se da soporte tanto a la recomendación de actividades individuales y colaborativas como a la generación de espacios de trabajo colaborativos adaptados a las características de usuarios y grupos de trabajo. En los espacios de trabajo se adaptan tanto el enunciado de la actividad a desarrollar de forma colaborativa como las herramientas que facilitan la interacción de los usuarios, basándose en información sobre usuarios y grupos de trabajo. Y los grupos de trabajo se pueden formar automáticamente si así lo desea el responsable del entorno.

2.3. Adaptación y colaboración con dispositivos móviles

Gracias a la disponibilidad de las tecnologías inalámbricas y de los dispositivos móviles, el aprendizaje a través de Internet (e-learning) ha empezado a transformarse en un aprendizaje a través de Internet utilizando dispositivos móviles y redes inalámbricas (m-learning [Ktoridou05] o aprendizaje móvil) [Sharples00].

Los dispositivos móviles son pequeños, compactos y portátiles. Cada vez es mayor la cantidad de personas que llevan consigo asiduamente uno o más dispositivos electrónicos, incluyendo teléfonos, asistentes personales digitales (PDAs) y ordenadores portátiles. Estos dispositivos se suelen utilizar con fines de entretenimiento, para trabajar o aprender. Suelen tener diversas prestaciones como cámara y reproductor de vídeo, sistema de localización física como GPS, capacidad para capturar datos, etc.

Las dimensiones de las pantallas de estos dispositivos móviles hacen preguntarse si sirven para el aprendizaje a través de Internet. La realidad es que estos dispositivos tienen buenas capacidades de audio, permitiendo a los estudiantes escuchar clases grabadas previamente, además de poder leer materiales en su pequeña pantalla. Algunas críticas

también están relacionadas con las capacidades de entrada de estos dispositivos, cuestionando que los estudiantes sean capaces de escribir grandes cantidades de texto, tomar notas, etc. Muchos de estos dispositivos son adaptables y permiten conectar teclados portátiles para escribir más cómodamente.

Por otro lado, hoy en día, las personas solemos emplear una gran parte del tiempo trabajando/estudiando y en los desplazamientos entre el hogar y el lugar de trabajo/estudio, que consumen una porción importante del tiempo en las grandes ciudades. Por otra parte, la conciliación de la vida laboral y familiar no es tarea fácil, y muchas personas emplean una gran cantidad de tiempo y, sobretodo, esfuerzo, intentando organizarse de una forma óptima, para poder aprovechar mejor el tiempo disponible. Por todas estas razones, el tiempo se ha convertido en un valor importante en la sociedad actual, y saber aprovecharlo es importante.

Estos hechos motivan la aparición de aplicaciones Web que facilitan no sólo el acceso a la información desde distintos lugares en diferentes momentos, sino también la realización de actividades de una forma flexible en diferentes situaciones a través de distintos dispositivos.

Los dispositivos y las tecnologías móviles están cambiando las vías a través de las cuales se puede difundir el conocimiento [Traxler07]. En los últimos años, el aprendizaje con dispositivos móviles ha crecido en visibilidad dentro de contextos educativos, incrementándose el número de conferencias, seminarios y talleres de trabajo tanto nacionales como internacionales relacionados con esta área (mLearn [Mlearn], WMUTE [Wmute], etc.). Sin embargo, el área de investigación sobre el aprendizaje móvil es inmadura en términos tecnológicos y pedagógicos, aunque se está desarrollando muy rápidamente [Traxler07].

El uso de dispositivos móviles se puede combinar con el aprendizaje tradicional con el objetivo de incrementar la motivación de los estudiantes, promover la interacción entre los miembros de los grupos de trabajo, facilitar el desarrollo de ciertas habilidades y dar soporte al aprendizaje constructivista [Zurita04]. Estos dispositivos permiten que los alumnos puedan tomar apuntes desde cualquier lugar o desarrollar otras actividades de aprendizaje en cualquier momento. De esta manera, los alumnos se sienten más motivados y activos durante el proceso de aprendizaje. Por tanto, es conveniente desarrollar aplicaciones que utilicen estas nuevas tecnologías combinándolas con entornos tradicionales [Gogh06] [Chen07]. Por ejemplo, en [Verdejo06] se presenta una propuesta para dar soporte a actividades de aprendizaje tanto dentro como fuera de la escuela. Los estudiantes utilizan una PDA con conexión GPS para grabar observaciones sobre pájaros en un entorno natural. Cuando los alumnos regresan a clase, debaten, analizan y procesan los datos empíricos recogidos.

En [Traxler05] se presenta un resumen del uso de nuevas tecnologías y dispositivos móviles dentro del campo de la enseñanza. En este resumen se destaca que los dispositivos móviles se utilizan para mejorar el acceso a los recursos educativos y a los sistemas de evaluación; y que estos dispositivos han producido cambios en la enseñanza y en el aprendizaje, haciendo el aprendizaje móvil posible utilizando dispositivos que los propios usuarios suelen llevar consigo.

En [Goh06], se presenta una clasificación sobre trabajos de investigación dentro del área del aprendizaje móvil junto con algunos ejemplos de entornos y aplicaciones de cada uno de los tipos. Estos sistemas pueden clasificarse en las siguientes categorías: competiciones y juegos interactivos para hacer el aprendizaje más atractivo a los alumnos; aprendizaje individual o colaborativo, ya sea en clase o en los laboratorios prácticos; aprendizaje fuera de entornos educativos; aprendizaje a distancia con herramientas síncronas o asíncronas; y aprendizaje informal utilizado en museos o jardines, entre otros.

A continuación se presentan las características que conforman los modelos de usuario y grupo en entornos móviles en la literatura, y que se tienen en cuenta para adaptar las actividades y contenidos a distintos usuarios y grupos de trabajo.

2.3.1. Modelos de usuario y grupo en entornos con dispositivos móviles

Muchos de los atributos utilizados en modelos de usuario tradicionales en el área de hipermmedia adaptativa, como el nivel de conocimiento del usuario, sus preferencias o los conceptos mal aprendidos, siguen siendo relevantes en el aprendizaje móvil [Bull04] [Goh06]. Sin embargo, el uso de dispositivos móviles ha incrementado el número de lugares desde donde los usuarios pueden realizar distintos tipos de actividades (por ejemplo, transporte público, restaurantes o bares, lugares al aire libre como parques, instituciones educativas u hogares, entre otros).

El contexto de los usuarios que utilizan dispositivos móviles cambia dinámicamente. La realización de determinadas actividades puede ser apropiada o inadecuada no sólo debido a sus características personales y a las acciones que realizan mientras interactúan con el entorno móvil, sino también a su contexto (por ejemplo, dispositivo utilizado, tiempo que tiene disponible, nivel de ruido en el entorno donde se encuentra, temperatura interior, meteorología, uso del dispositivo incluyendo acciones relacionadas a través del teclado o del ratón, etc.) [Zimmermann05].

La información contextual del usuario puede utilizarse para, por ejemplo: ofrecer información más detallada sobre un objeto (por ejemplo, cuando el usuario se sitúa frente a un cuadro en un museo); presentar al usuario distinto tipo de información dependiendo de

las características del entorno y del dispositivo (por ejemplo, audio frente a material visual); o desaconsejar la realización de actividades a través de interfaces complejas cuando los usuarios no disponen de un dispositivo adecuado [Corlett05], no tienen tiempo suficiente o no existen materiales adecuados.

Por tanto, a la hora de desarrollar aplicaciones donde se puedan utilizar distintos dispositivos móviles, un factor importante a tener en cuenta es el contexto de los usuarios, ya que complementa la personalización del entorno en el que se encuentra [Zimmerman05]. Por este motivo, en los últimos años se ha incluido el contexto de los usuarios como un rasgo de adaptación importante a considerar por los sistemas hipermedia adaptativos.

Algunos de los parámetros relacionados con el contexto en entornos hipermedia adaptativos móviles son: el dispositivo utilizado por el usuario, incluyendo características tanto del hardware como del software; la localización del usuario; las condiciones ambientales, el contexto social y el estado afectivo [Brusi07]. En el caso particular de entornos adaptativos de aprendizaje móvil, las interacciones de los estudiantes con el dispositivo deberían estructurarse adecuadamente en función del nivel de concentración, de la probabilidad de interrupción en ese lugar y del tiempo disponible para el estudio [Bull05].

Si se realizan actividades colaborativas dentro de estos entornos móviles, también es importante considerar el contexto de los miembros del mismo grupo de trabajo ya que puede afectar a la realización de dichas actividades [Muehlenbrock05]. Algunas de las características que pueden considerarse dentro de este tipo de entornos son la localización física del resto de usuarios, la disponibilidad de los usuarios en un momento determinado y, en realidad, cualquiera de las características que formen parte del modelo de usuario o del modelo de grupo (secciones 2.1.1 y 2.2.2). Por ejemplo, en los juegos para dispositivos móviles, el contexto del usuario y el contexto de los miembros del mismo grupo pueden tenerse en cuenta durante el proceso de adaptación [Martín05].

En cuanto a la adaptación de contenidos y su adecuada presentación en diferentes tipos de dispositivos, los diseñadores deben considerar las características específicas de cada dispositivo tales como el tamaño de la pantalla o posibles limitaciones de memoria. Por tanto, existe una necesidad de crear versiones independientes de contenidos y no utilizar el mismo material multimedia que se presenta cuando los usuarios se conectan con ordenadores personales o portátiles. Esto implica realizar esfuerzos duplicados a la hora de crear nuevos contenidos, doble mantenimiento de los mismos así como posibles problemas de control de versiones. En este sentido, se han realizado esfuerzos para facilitar las tareas a los creadores de contenidos para este tipo de entornos. Goh y Kinshuk [Goh06] proponen una arquitectura de un sistema capaz de adaptar los contenidos presentados a los

dispositivos utilizados por los usuarios sin necesidad de duplicar esfuerzos para gestionar distintas versiones de contenidos para PDAs y ordenadores.

Finalmente, con respecto a la información del contexto de los usuarios, se les puede preguntar directamente, o también se pueden utilizar distintos tipos de sensores (por ejemplo, micrófonos, GPS, termómetros, etc.) para capturar esta información contextual [Muelenbrock05]. La captura de información de contexto mediante sensores no se ha considerado para esta propuesta, aunque no se descarta en el futuro.

2.3.2. *Sistemas adaptativos con dispositivos móviles*

En la literatura existen algunos sistemas que adaptan las actividades presentadas a los usuarios y/o a su interacción, considerando algunos rasgos personales, acciones o características del contexto de los usuarios. Sin embargo, es difícil que permitan la definición y adaptación de cualquier tipo de rasgo que se desee tener en cuenta. Además, algunos de estos sistemas son específicos para la realización de un determinado tipo de actividad. Algunos ejemplos son MoreMaths [Bull03], C-POLMILE [Bull03], JAPELAS [Ogata04], Sc@ut [Gea04], TenseITS [Cui05] y el presentado en [Yau07].

En [Bull03] se presentan las características de dos sistemas adaptativos orientados al aprendizaje móvil llamados MoreMaths y C-POLMILE. MoreMaths es un entorno de aprendizaje orientado exclusivamente al aprendizaje de las matemáticas, que puede ser utilizado desde ordenadores personales o PDAs. La interacción principal se produce cuando los estudiantes utilizan sus ordenadores personales para estudiar distintos conceptos y realizar ejercicios. Desde las PDAs los estudiantes pueden revisar materiales previos. C-POLMILE es un sistema educativo para el aprendizaje del lenguaje de programación C. Existen dos versiones de este sistema, una para ordenadores personales y otra para PDAs. Ambas se adaptan al contexto del usuario incluyendo factores como su localización física, el dispositivo que está utilizando, si existen distracciones en el entorno, etc. De esta manera, el estudiante puede utilizar la más conveniente dependiendo de su situación. Sin embargo, ambas aplicaciones no permiten el desarrollo de actividades colaborativas y sólo tienen en cuenta dentro de las características personales de los estudiantes su estado actual de conocimientos para realizar la recomendación de las distintas actividades.

JAPELAS [Ogata04] es un entorno específico para aprender expresiones corteses en japonés, no siendo posible la realización de otro tipo de actividades. Este sistema ofrece a los estudiantes las expresiones más adecuadas dependiendo de su situación (despacho, lugar de encuentro, etc.) y de información personal (género, trabajo, edad, etc.).

Sc@ut [Gea04] es una plataforma para la comunicación en entornos adaptativos ubicuos orientada a niños con autismo. Esta plataforma permite a los niños autistas comunicarse a través de una PDA con conexión a la red inalámbrica. La plataforma presenta a cada niño una serie de plantillas formadas por dibujos o fotografías relacionadas con posibles acciones (lavarse las manos, comer, etc.) o sentimientos (estar feliz, enfadarse, etc.). Las imágenes presentadas en cada una de las plantillas que se muestran a cada niño están adaptadas a sus características personales teniendo en cuenta el grado de familiaridad de las imágenes y cuáles les pueden motivar más. Durante el proceso de adaptación, la plataforma tiene en cuenta las capacidades y habilidades de los niños, sus acciones y la localización física donde se encuentran.

TenseITS [Cui05] es un entorno orientado exclusivamente al aprendizaje de idiomas utilizando PDAs. Este entorno adapta la interacción al conocimiento individual del estudiante. También adapta aspectos contextuales como la localización del estudiante teniendo en cuenta la probabilidad de interrupción, el posible nivel de concentración en ese entorno y el tiempo disponible para el estudio.

Yau y Joy presentan una aplicación de enseñanza para ser utilizada en PDA. Esta aplicación adapta las actividades de aprendizaje a cada estudiante en función de su estilo de aprendizaje y del contexto en el que se encuentre (tiempo disponible, localización y nivel de ruido) [Yau07]. En función de estos dos criterios recomienda las actividades más adecuadas para un determinado usuario. La aplicación consta de dos módulos de adaptación: uno para procesar los estilos de aprendizaje de los alumnos y otro para adaptar las actividades al contexto del usuario utilizando para ello reglas de adaptación. La adaptación de estos dos módulos se realiza únicamente teniendo en cuenta los estilos de aprendizaje de los alumnos y el contexto en el que se encuentran, no siendo posible la introducción de nuevos rasgos de adaptación.

Por otra parte, los sistemas que trabajan con dispositivos móviles no pueden suministrar grandes tablas de datos o dibujos. Algunos ejemplos de sistemas adaptativos cuyo objetivo es la adaptación de los contenidos en función del dispositivo utilizado por los usuarios se presentan en [Brady04] y [Kinshuk04]. APeLS [Brady04] es un sistema adaptativo que personaliza un curso de lenguaje SQL para PDAs. Los contenidos del curso son adaptados en función del dispositivo utilizado. Las versiones de contenidos utilizadas para PDAs modifican el tamaño de las tablas HTML, cambian las imágenes por versiones más reducidas o por texto y quitan o ocultan la información redundante o irrelevante para facilitar la visualización de contenidos. En [Kinshuk04] se presenta cómo mejorar el proceso de aprendizaje adaptando la presentación de contenidos a los estilos de aprendizaje de los alumnos en entornos multiplataforma que soporten tanto la conexión de PDAs como de ordenadores personales. Para realizar la adaptación de contenidos a cada estudiante se tienen en cuenta sus estilos de aprendizaje según el modelo de Felder-

Sylverman [Felder88]. En la presente propuesta, se incluye la posibilidad de tener en cuenta no sólo el dispositivo que los usuarios se encuentran utilizando sino también cualquier característica que se haya tenido en consideración en el modelo de usuario, como por ejemplo la dimensión visual- verbal de los estilos de aprendizaje de los usuarios.

2.3.3. Sistemas de recomendación con dispositivos móviles

Los sistemas de recomendación diseñados para dispositivos móviles deben presentar las sugerencias al usuario a través de interfaces sencillas, debido a las limitaciones de estos dispositivos. Una posibilidad es utilizar códigos de colores, sonidos o vibraciones [Heijden05]. Las áreas donde más se han utilizado los sistemas de recomendación para aplicaciones con dispositivos móviles son dentro del sector del turismo o del comercio electrónico, entre otras.

El objetivo de los sistemas de recomendación orientados al turismo es guiar a los visitantes a lo largo de su recorrido. Cyberguide [Abowd97] fue una de las primeras aplicaciones de recomendación de recorridos turísticos a través de diferentes lugares. La posición del usuario, junto con sus acciones previas, se tiene en cuenta a la hora de ofrecer los servicios más adecuados que se esperan de una guía turística real. Otro sistema de guía turística es GUIDE [Cheverst00], orientado a los visitantes de una ciudad que utilizan una PDA o un teléfono móvil. Dentro de este sistema, los visitantes eligen diferentes atracciones. A continuación, se genera un posible itinerario personalizado de visita ordenando los lugares de interés seleccionados que el usuario puede modificar posteriormente. Este itinerario se genera teniendo en cuenta los horarios de apertura de los distintos lugares, el mejor horario para visitarlo y la distancia entre ellos. Además, la información personal del contexto del usuario también se almacena para adaptar los materiales que se le presentan. Esta información incluye la localización actual del visitante, su perfil personal (intereses, idioma preferido de lectura, conjunto de atracciones o puntos de interés ya visitados) y estilo de aprendizaje (si es un usuario activo o reflexivo).

En los sistemas de recomendación utilizados para el comercio electrónico, el objetivo es sugerir a los usuarios aquellos productos que se ajustan a sus necesidades y preferencias. En [Chun01] se presenta un sistema de este tipo basado en el conocimiento. El sistema se encarga de averiguar los requisitos del usuario sobre un producto específico, realizándole una serie de preguntas relacionadas con los productos a recomendar. Las respuestas son enviadas al motor de inferencia del sistema, que se encarga de consultar su base de datos de conocimiento para encontrar los productos que se ajustan más a las necesidades del usuario. A continuación, se presenta una lista de los posibles productos ordenada según el grado de relevancia del producto en función de las necesidades del usuario.

Otros ejemplos de dos sistemas de recomendación basados en el contexto de los usuarios se pueden encontrar en [Zimmermann05] donde se presentan un tablón de anuncios inteligente y una guía de un museo (LISTEN). Ambos sistemas de recomendación son capaces de adaptar su comportamiento teniendo en cuenta la evolución de los atributos del contexto de los usuarios. Por un lado, el tablón de anuncios inteligente está equipado con sensores para poder reaccionar a cambios en las condiciones del entorno como el nivel de ruido, la hora del día, etc. El contenido de este tablón está formado por imágenes clasificadas en distintas categorías, que son adecuadas o no dependiendo de la hora del día. Por otro lado, LISTEN permite a los usuarios de un museo navegar dinámicamente a través de información acústica diseñada para complementar el espacio real donde se encuentran. La selección, presentación y adaptación de los contenidos de esta información tiene en cuenta el contexto de los usuarios.

En el área de la enseñanza, algunos ejemplos de sistemas de recomendación son WANTTT [Graham04] e InLinx [Bighini03]. WANTTT es un portal adaptativo orientado a dispositivos móviles que utiliza técnicas de adaptación de la navegación (guía directa, ocultación de enlaces irrelevantes y ordenación de los enlaces) para personalizarla en función de las características del usuario. Este sistema presenta a los usuarios una lista con las sugerencias más relevantes. La lista se encuentra dividida en tres áreas: enlaces más populares, enlaces más probables y enlaces a páginas previas. Para predecir los enlaces más relevantes, que serán presentados en estas tres áreas de una forma ordenada, se utiliza la información almacenada en el modelo de usuario y en un modelo de Markov.

InLinx es un sistema híbrido de recomendación que da soporte a la anotación de libros dentro de una plataforma para el aprendizaje móvil [Bighini03]. InLinx combina la técnica de recomendación basada en contenidos y el filtrado colaborativo para ayudar a los estudiantes a clasificar la información y guardarla en marcadores. Además recomienda estos documentos a otros estudiantes con intereses similares, de entre un gran volumen de documentos, y se encarga de notificar a los estudiantes nuevos documentos que pueden ser interesantes para ellos.

2.3.4. Sistemas colaborativos con dispositivos móviles

Durante los últimos años se han desarrollado un gran número de aplicaciones colaborativas para ordenadores personales. Sin embargo, en algunas ocasiones estas aplicaciones no se pueden utilizar de una forma directa en los dispositivos móviles, ya que se necesita actualizar el código fuente en función de las características del dispositivo móvil y de la conexión de red [Roth00]. Es necesario tener en cuenta las características de los nuevos dispositivos para desarrollar aplicaciones colaborativas para dispositivos móviles. Algunas de las aplicaciones colaborativas desarrolladas para este tipo de dispositivos son

Syllable-MCSCL [Zurita04], un organizador para el aprendizaje móvil [Corlett05], REMO [Bravo06], AULA y AWLA [Paredes07]. Todos estos sistemas están orientados al desarrollo de actividades colaborativas y no permiten la combinación de actividades individuales y colaborativas. Además, en la mayoría de los casos, están centrados en el desarrollo de una actividad específica.

Syllable-MCSCL [Zurita04] es un entorno colaborativo de aprendizaje móvil no adaptativo orientado a PDAs. Este entorno permite a niños de seis y siete años aprender de forma colaborativa creando palabras a través de sílabas utilizando PDAs. A través de este juego, los niños aprenden vocabulario, aprender a interactuar entre sí exponiendo sus ideas y dialogando hasta ponerse de acuerdo en una solución común.

En [Corlett05], se presenta un organizador de actividades para el aprendizaje móvil. Este organizador se desarrolló para utilizarlo con PDAs y conexiones inalámbricas. El organizador utiliza tanto aplicaciones existentes para dispositivos móviles como herramientas desarrolladas específicamente para que los estudiantes puedan acceder al material electrónico del curso, visualizar sus horarios, comunicarse a través de correo electrónico y mensajes instantáneos y organizar sus apuntes. Sin embargo, este organizador no es sensible al contexto de los usuarios.

En [Bravo06a] se presenta REMO, un sistema que da soporte a reuniones entre varias personas a través de dispositivos móviles que utilizan redes inalámbricas. Este sistema provee a los usuarios de espacios de trabajo compartidos e incluye un amplio conjunto de herramientas colaborativas para facilitar la comunicación. El sistema está basado en tres fases: pre-reunión, donde los administradores deben definir las agendas; reunión, donde tiene lugar la reunión en sí; y post-reunión, donde el sistema envía los documentos producidos en la fase anterior y presenta las decisiones tomadas.

Por último, Paredes et al. [Paredes07] presentan dos aplicaciones llamadas AULA y AWLA, las cuales están orientadas a la realización de actividades colaborativas con dispositivos móviles tanto dentro como fuera de las aulas. Estas aplicaciones se han diseñado para que los alumnos realicen escritura colaborativa en cursos de enseñanzas de idiomas, en concreto, en el aprendizaje de inglés como lengua extranjera.

Finalmente, cabe destacar que, en el contexto de los entornos a los que se quiere dar soporte en esta propuesta, la propuesta permite recomendar las actividades individuales y colaborativas más apropiadas para ser realizadas en cada momento considerando no sólo las características personales y acciones de los usuarios y grupos de trabajo, sino también el contexto en el cual se encuentra cada uno de ellos, teniendo en cuenta las características de los dispositivos, el tiempo de que disponen y el lugar donde se encuentran los usuarios.

Resumiendo, la propuesta realizada en esta memoria incluye la integración de todos los aspectos positivos de los sistemas hipermedia adaptativos y de los sistemas de recomendación basados en información de otros usuarios, permitiendo a los usuarios realizar tanto actividades individuales como colaborativas a través de distintos dispositivos, recomendando las más adecuadas en cada situación y generando los espacios de trabajo tanto individuales como colaborativos para cada una de las actividades y para cada usuario en cada contexto particular.

CAPÍTULO 3:

Mecanismo de Recomendación

El diseño y desarrollo de sistemas donde los usuarios pueden realizar distintos tipos de actividades de forma individual o colaborativa a través de distintos dispositivos y en diferentes contextos, así como la gestión y adaptación de cada uno de los elementos involucrados (actividades, recursos, contenidos, herramientas informáticas, usuarios, grupos, dispositivos, contextos, etc.) es una labor complicada. Con el fin de facilitar la gestión y adaptación en este tipo de entornos, en esta tesis se propone el uso de un mecanismo que se ha diseñado para recomendar actividades a distintos usuarios teniendo en cuenta no sólo sus características personales y sus acciones previas, sino también el contexto en el que se encuentran, incluyendo su localización, el tiempo del que disponen y los dispositivos accesibles en ese momento. Además, esta información se combina con datos sobre las interacciones de otros usuarios para obtener información sobre la conveniencia de recomendar determinadas actividades a usuarios con características similares en contextos análogos. También se da soporte a la adaptación de contenidos y herramientas para generar espacios de trabajo adecuados para la realización de las actividades correspondientes, como se detallará más adelante. Los objetivos principales desde el punto de vista de los usuarios finales son: ayudarles a organizar y aprovechar su tiempo, proponiéndoles la realización de las actividades más adecuadas en cada momento según sus necesidades y su situación particular; facilitar la coordinación de la realización de actividades que tienen que llevarse a cabo por distintos usuarios; y dar soporte a la realización de las actividades, mediante la generación de espacios de trabajo adaptados a cada usuario y grupo de trabajo.

Para poder proporcionar recomendaciones y generar espacios de trabajo adaptados, es necesario almacenar y gestionar información sobre cada uno de los elementos involucrados: entornos a los que se dará soporte, usuarios, grupos, actividades, recursos, herramientas y criterios de adaptación y recomendación. Para almacenar la información sobre los distintos usuarios y grupos, se han creado modelos de usuario y modelos de grupo, que guardarán las distintas características de ambos. Estos modelos se describen con detalle en la sección 3.2.1. La información sobre cada una de las actividades que los usuarios deben realizar, así como sus contenidos multimedia asociados y, en el caso de actividades colaborativas, las herramientas necesarias para facilitar la interacción entre miembros del mismo grupo (sección 3.2.2.), será almacenada junto con las reglas o filtros de recomendación (sección 3.2.3.), que representan los criterios de recomendación de actividades a los distintos usuarios y grupos.

Una limitación existente actualmente en el uso de entornos adaptativos es la dificultad de creación de los mismos. Cuanto más rico sea un entorno adaptativo, más complejo será especificar su comportamiento. Por ello, con el objetivo de agilizar esta tarea, esta propuesta incluye también una serie de ayudas para la creación de este tipo de entornos. Entre estas ayudas, se incluye la incorporación de: criterios y reglas de adaptación que los diseñadores podrán utilizar por omisión para la configuración de sus entornos; un análisis de las interacciones realizadas por distintos usuarios, que se utilizará para proporcionar recomendaciones a usuarios en función de las acciones de usuarios con rasgos similares; y una herramienta de autor para facilitar la especificación de los distintos elementos, entre otros. De esta manera, es posible reducir el tiempo y el esfuerzo empleado por los creadores de estos entornos.

El mecanismo de recomendación propuesto ha sido aplicado en el área de la enseñanza para la generación de entornos de aprendizaje móvil. A continuación se presentan los objetivos específicos de este mecanismo, los elementos principales que maneja y las bases de su funcionamiento. Por último, se describe el conjunto de ayudas ofrecidas a los autores para la creación de entornos adaptativos de recomendación basados en información contextual.

3.1. Objetivos

Por una parte, desde el punto de vista del usuario del entorno, el objetivo principal del mecanismo de recomendación propuesto en esta tesis consiste en gestionar información de actividades, usuarios y grupos en un entorno Web al que los usuarios se conectan a través de distintos dispositivos, con el objetivo de recomendar actividades a realizar a usuarios con distintas características en diferentes contextos, para facilitarles el aprovechamiento de distintos períodos de tiempo disponibles. Por otra parte, desde el punto de vista de los creadores de este tipo de entornos, el objetivo es facilitarles la creación y configuración de este tipo de entornos de recomendación adaptativos basados en el contexto.

El mecanismo de recomendación debe ser capaz de recomendar las actividades más adecuadas para cada usuario dependiendo de su situación particular, considerando sus características personales (por ejemplo, nivel de conocimientos, idioma o estilo de aprendizaje), acciones mientras se encuentra interactuando con el entorno (por ejemplo, actividades realizadas, resultados obtenidos en los ejercicios) y su contexto concreto (localización física, tiempo del que dispone y dispositivo utilizado).

Con el objetivo de realizar la recomendación y adaptación de actividades y espacios de trabajo a distintos usuarios y grupos será necesario almacenar información sobre: i) los propios usuarios y grupos, ii) las actividades, contenidos multimedia y herramientas

asociadas, y iii) los criterios a utilizar para realizar la recomendación y adaptación de los distintos elementos.

En esta propuesta, se desea poder generar y adaptar dinámicamente el conjunto de actividades a recomendar a cada usuario, seleccionando en cada paso las actividades más adecuadas para cada usuario, la guía de navegación ofrecida (orden de realización de las actividades y organización de las mismas) y los contenidos multimedia y herramientas presentados al usuario para dar soporte a la realización de cada una de las actividades. Más específicamente, se desea que sea posible:

- La **creación de entornos donde distintos usuarios puedan realizar diferentes actividades**, pudiendo definir características comunes a todas ellas, como por ejemplo, información de los usuarios que se va a utilizar para la adaptación de dichas actividades, idioma(s) que se utilizará(n) en los contenidos asociados a las actividades, roles que podrán tener los estudiantes en las actividades colaborativas o características generales de composición de grupos de trabajo, tales como su tamaño o si la agrupación se realizará de forma automática.
- La **inclusión o exclusión de actividades en el entorno** dependiendo de ciertas características personales de los usuarios, acciones realizadas anteriormente o situación en la que se encuentran. Por ejemplo, dentro de ámbitos educativos, un profesor podría querer incluir una actividad de introducción a la materia para los estudiantes que cursen por primera vez una asignatura y, sin embargo, considerar que esta actividad no es apropiada para alumnos que cursan por segunda vez la asignatura. Otro ejemplo sería poder proponer actividades de refuerzo sólo a estudiantes con dificultades en la asimilación de determinados conceptos.
- La **organización de actividades** en una estructura determinada, de forma que, además, esta organización pueda variar en función de los distintos tipos de usuarios a quienes estén dirigidas cada una de las actividades, para dar lugar a entornos donde las actividades se proponen a los usuarios en distintos momentos y con distintas relaciones entre ellas. Se desea poder considerar distintos rasgos de los usuarios como criterios para organizar las actividades de un modo u otro.
- La adaptación de la **guía de navegación** ofrecida a los usuarios cuando se encuentran realizando un conjunto de actividades relacionadas entre sí, de tal manera que puedan ser guiados de una forma directa a través de las mismas, o puedan elegir el orden de realización de las mismas. Esta guía de navegación puede ser igual para todos los usuarios, o puede variar en función de alguna de sus características personales, de su comportamiento o de su contexto actual. Por ejemplo, si los usuarios tienen un estilo de aprendizaje secuencial (prefieren estudiar o ver la información de una manera ordenada), puede ser aconsejable ofrecerles una guía más directa, mientras que para los usuarios con estilo de aprendizaje global (prefieren tener primero una visión global de

la información antes de profundizar en cada aspecto), podría ser más apropiado permitir una mayor flexibilidad de la guía, ofreciéndoles la posibilidad de elegir qué actividad quieren realizar en cada momento.

- La especificación de **recomendaciones generales** relacionadas con la (in)conveniencia de realizar ciertos tipos de actividades en contextos particulares. Por ejemplo, en el caso de que un usuario se encuentre utilizando su teléfono móvil, no tendría sentido proponer actividades cuyos contenidos no sean apropiados para mostrarlos en este tipo de dispositivo. Sin embargo, sí tendría sentido realizar *tests* o enviar y recibir mensajes de sus compañeros de trabajo. Además, se desea poder variar este tipo de recomendaciones para distintos tipos de usuarios, incluso aunque se encuentren en contextos iguales. Por ejemplo, si un estudiante tiene estilo de aprendizaje reflexivo y no dispone de una cierta cantidad de tiempo, podría considerarse inapropiado proponerle actividades de tipo práctico que requieren cierto tiempo de realización, como ejercicios de respuesta libre o prácticas de programación. Sin embargo, es posible que estas actividades sí resulten adecuadas para un estudiante con estilo de aprendizaje activo en la misma situación.
- El establecimiento de **requisitos particulares** de realización relacionados con las características personales de los usuarios, con sus acciones, con la situación en la que se encuentran, o con una determinada fecha de inicio. Se desea, por ejemplo, poder plantear una actividad en un laboratorio sólo para los usuarios que se encuentran en el mismo; poder indicar que los estudiantes con ciertas características sólo podrán realizar una actividad concreta si tienen cierto tiempo disponible; o indicar que una actividad comenzará/ finalizará en una determinada fecha.
- El establecimiento de **dependencias** entre actividades, de modo que sea posible exigir la realización de ciertas actividades previamente para poder realizar las siguientes. Es más, se desea poder variar estas dependencias según el tipo de usuario que interactúe con el entorno. Un ejemplo sería que para poder realizar una actividad práctica sea necesario conocer antes los conceptos asociados y cómo se aplican en los casos prácticos; y este requisito se podría establecer para todos los usuarios o sólo para los usuarios con menos conocimientos previos sobre la materia.
- La **gestión de grupos de usuarios y actividades colaborativas**, de tal manera que las actividades síncronas colaborativas se propongan a los usuarios sólo si el resto de los miembros del mismo grupo están conectados a la vez, por ejemplo. O, en el caso de colaboraciones asíncronas, que dichas actividades no se propongan a los usuarios que estén esperando a que su(s) compañero(s) le(s) envíe(n) algún tipo de trabajo.
- La **generación de espacios de trabajo** adaptados a las actividades y a las necesidades de los usuarios que las realicen, de modo que sea posible seleccionar los **contenidos** más adecuados para cada una de las actividades de acuerdo a las características del usuario y del dispositivo utilizado en cada momento, y elegir las **herramientas** que se

facilitarán a los estudiantes para llevar a cabo las actividades colaborativas e interactuar entre los miembros de los grupos de trabajo.

3.2. Bases del Mecanismo de Recomendación

Para poder lograr los objetivos presentados en la sección anterior, es necesario crear un mecanismo de recomendación de actividades y generación de espacios de trabajo capaz de gestionar información sobre cada uno de los elementos involucrados en el proceso: usuarios, grupos, entornos, actividades, recursos, herramientas y criterios de recomendación y adaptación. A continuación se explica detalladamente cada uno de estos elementos, así como la información asociada a los mismos, necesaria para poder realizar la recomendación de actividades y adaptación de espacios de trabajo para los distintos usuarios y grupos.

3.2.1. Usuarios y grupos

Con el fin de adaptar las actividades y los espacios de trabajo a cada usuario y grupo, es necesario almacenar información sobre los usuarios que las llevarán a cabo y sobre los grupos de trabajo en el caso de la existencia de actividades colaborativas. Estos datos constituirán los modelos de usuario y de grupo respectivamente.

Dentro de estos modelos, se propone la posibilidad de considerar cualquier rasgo del usuario cuyos posibles valores puedan representarse a través de un conjunto de valores discretos (numéricos o estereotipos) o mediante intervalos de valores en el caso de datos numéricos. Algunos ejemplos de rasgos de adaptación utilizados en el área de la enseñanza son: si el estudiante cursa por primera vez una materia, su nivel de conocimiento previo, las distintas dimensiones del estilo de aprendizaje del usuario, el porcentaje de aciertos en los ejercicios realizados hasta el momento, el lugar donde se encuentra, el dispositivo utilizado o el tiempo que tiene disponible para realizar las actividades, por ejemplo. En la tabla 3.1 se muestran distintos rasgos de adaptación establecidos para un ejemplo concreto junto con sus posibles valores. Como se puede observar, hay rasgos numéricos como el porcentaje de aciertos en los ejercicios o el tiempo disponible, y rasgos cuyos valores se representan a través de estereotipos.

La información almacenada en el modelo de usuario puede clasificarse en cuatro tipos de información:

- Información personal: Esta información se considera relativamente estable a lo largo del tiempo. Algunos ejemplos de estos rasgos incluyen:

- Datos personales del usuario como su nombre, dirección postal, dirección de correo electrónico, dirección de su página web y número de teléfono fijo o móvil.
- Sus características personales como el idioma preferido, edad, nivel de conocimientos previos sobre la materia (básico, avanzado), género (masculino, femenino) o estilo de aprendizaje [Felder88].
- Preferencias: como el tipo de información deseada (detallada, general).
- Acciones: Información sobre el comportamiento del usuario mientras se encuentra interactuando con el entorno. Por ejemplo, qué actividades ha empezado, cuáles ha terminado, los resultados obtenidos en cada una de ellas, el tiempo dedicado a cada una de ellas, el orden en el que las ha realizado, etc.
- Contexto: El contexto considerado incluye información relativa a la localización física del usuario (clase, laboratorio, casa, otros, cualquiera), el tiempo disponible para realizar actividades y el dispositivo utilizado (PDA, ordenador personal, ordenador portátil o teléfono móvil).

Tabla 3.1. Ejemplo de rasgos de adaptación

Rasgo	Posibles Valores
lugar	casa, clase, laboratorio, otros, cualquiera
dispositivo	pc, pda, portátil, teléfono
tiempo	$[0, \infty)$
procedencia	nuevo, repetidor
conocimiento	básico, avanzado
estilo_aprendizaje_dim1	activo, reflexivo
estilo_aprendizaje_dim2	Visual, verbal
estilo_aprendizaje_dim3	sensorial, intuitivo
estilo_aprendizaje_dim4	secuencial, global
% aciertos en ejercicios	$[0, 100]$

Por otro lado, para poder adaptar las actividades colaborativas a los distintos grupos de trabajo es necesario también almacenar información relacionada con cada uno de los grupos, incluyendo:

- Los miembros que componen el grupo.
- El listado de actividades realizadas o pendientes de realizar por el grupo, incluyendo:
 - Tiempo empleado en su realización
 - Resultados obtenidos en cada una de ellas (si corresponde).
 - Rol de cada uno de los usuarios en la actividad (si existen roles definidos).
 - Estado de cada usuario: si está esperando a que sus compañeros le envíen algún tipo de material, o si se encuentra listo para realizar la actividad.
- Opiniones sobre distintos aspectos de las actividades colaborativas realizadas (si procede); por ejemplo, cómo funcionó el grupo de trabajo o compañeros con los que sí/no le gustaría volver a colaborar.

Toda esta información constituirá el modelo de grupo.

3.2.2. Entornos, actividades, contenidos y herramientas colaborativas

Como se ha comentado anteriormente, en los entornos a cuya generación se da soporte en esta propuesta, los usuarios pueden realizar distintas actividades individuales o colaborativas, las cuales pueden estar relacionadas entre sí. Un **entorno** consiste en: un conjunto de actividades, relacionadas con un tema, que se recomendarán a usuarios en distintas situaciones; un conjunto de contenidos y herramientas que se combinarán para dar lugar a espacios de trabajo en los que los usuarios podrán realizar dichas actividades; y un conjunto de parámetros y criterios de adaptación. Para cada entorno se definen una serie de características generales como: i) idiomas a los que se dará soporte en el entorno (contenidos, interfaz), ii) descripciones del propio entorno en los distintos idiomas que se hayan especificado, iii) rasgos de los usuarios que se van a tener en cuenta para realizar la recomendación de actividades y adaptación de espacios de trabajo, iv) actividades a realizar, v) roles que los estudiantes pueden tener en las actividades colaborativas, y vi) características generales de los grupos de trabajo, como por ejemplo si los estudiantes serán agrupados de forma automática, el tamaño de los grupos de trabajo o el conjunto de herramientas que se facilitarán a los estudiantes para poder interactuar entre sí y realizar las actividades colaborativas.

Un ejemplo de un entorno de este tipo sería aquel en el que se realizan actividades básicas de “*Informática General*” relacionadas con el tema “*Álgebra de Boole*” (ver tabla 3.2.). En estas actividades, los estudiantes deberán: estudiar los conceptos básicos sobre Álgebra de Boole; ver ejemplos de tablas de verdad y puertas lógicas; interactuar con *applets* que les permitirán hacer simulaciones sobre operaciones booleanas, puertas lógicas (and, or, nand, not, xor) y circuitos más complejos; descargar el material docente que el profesor de la asignatura ha puesto a disposición de los alumnos; realizar un test relacionado con una determinada práctica en el aula; diseñar un circuito lógico de forma colaborativa; y practicar con dos colecciones de ejercicios tipo test y de respuesta libre sobre el tema.

Como también se puede observar en la tabla 3.2., los contenidos de estas actividades estarán disponibles en dos idiomas: español e inglés. Además, en cada grupo de trabajo que se constituirá para desarrollar actividades colaborativas, uno o varios estudiantes podrán tener asignado el rol de líder del grupo. Estos grupos de trabajo se formarán automáticamente y estarán constituidos por tres o cuatro personas. Por último, los rasgos que se considerarán para la adaptación de las actividades de este conjunto serán el nivel de conocimiento previo de los usuarios (básico, avanzado), si el usuario aborda por primera vez esta materia (nuevo, repetidor), si su estilo de aprendizaje es visual o verbal, el tiempo

disponible para realizar actividades (de cero minutos a un día), el dispositivo utilizado (PDA, ordenador portátil, ordenador personal o teléfono móvil), y los lugares en los que un estudiante puede encontrarse mientras realiza actividades de este entorno (casa, clase de teoría, laboratorio de prácticas u otro lugar).

Tabla 3.2. Ejemplo de la información general almacenada para un entorno

CARACTERÍSTICA	VALORES
Idiomas	español, inglés
Descripciones	Informática General, General Computing
Rasgo	
conocimiento_previo	básico, avanzado
inicio	nuevo, repetidor
estilo_aprendizaje_dim2	visual, verbal
tiempo	[0,1440]
dispositivo	pda, portatil, pc, teléfono
lugar	casa, clase, laboratorio, otros
Actividades	BooleA, BA_Theo, BA_Sim, BA_Example, BA_Mat, BA_Circuits, BA_Build_Circuits, BA_Operations, BA_Gates, Lab_Test1, BA_And, BA_Or, BA_Nand, BA_Not, BA_Xor, Set_Tests, Set_Exers
Roles	líder, “miembro”
Grupos de trabajo	
agrupación automática	Sí
tamaño_mínimo	3
tamaño_máximo	4

En general, las **actividades** que se pueden realizar en estos entornos pueden ser de varios tipos:

- Actividades individuales, tales como leer o estudiar unos contenidos concretos, observar un ejemplo, repasar contenidos, interactuar con una simulación, realizar ejercicios de respuesta libre o responder a preguntas tipo test.
- Actividades colaborativas, como llevar a cabo discusiones sobre un tema, resolver ejercicios de forma colaborativa o realizar trabajos prácticos en grupo.
- Otras actividades relacionadas con más de un usuario y que pueden ser generadas dinámicamente, como envío y descarga de ficheros con el material que se va a explicar en clase, envío y recepción de mensajes entre compañeros o solicitud de tutorías.
- Actividades externas que se realizarán a través de otros sistemas.

Todas estas actividades son actividades atómicas, es decir, no se descomponen en actividades más simples. Dentro de estos entornos, también habrá actividades compuestas cuyo principal objetivo sea agrupar conjuntos de actividades, por ejemplo, aquellas que se relacionen con un mismo concepto.

La información necesaria para describir cada una de las actividades es la siguiente: identificador de la actividad; tipo de actividad (teoría, ejemplo, simulación, ejercicio tipo test, ejercicio de respuesta libre, repaso, tarea a desarrollar colaborativamente, envío/recepción de mensajes, ...); una descripción de la actividad por cada uno de los idiomas especificados en las características generales del entorno a la que pertenece; fecha de inicio/finalización de la actividad ó plazo límite (si procede); tiempo mínimo estimado de realización de la actividad (si existe) y tiempo máximo que el estudiante puede tardar en realizar la actividad desde su inicio (si procede).

Además, cada actividad puede tener asociados **contenidos multimedia**. Los contenidos asociados a cada actividad pueden variar dependiendo del tipo de la misma, del tipo de dispositivo para el cuál están diseñados, del estilo de aprendizaje del alumno y/o de otras características personales. En el caso de actividades teóricas o de ejemplos, los contenidos podrán ser fragmentos *HTML*, *XML* o ficheros *pdf* con explicaciones sobre un concepto o casos de ejemplos a observar. En los ejercicios, los contenidos serán el enunciado del problema a solucionar. En las simulaciones, se pueden incluir *applets* con los que los usuarios podrán interactuar para observar distintos comportamientos del problema. En los mensajes enviados entre compañeros del mismo grupo de trabajo, los contenidos serán el cuerpo del mensaje a enviar. Y por último, en los envíos o descargas de ficheros de material, los contenidos serán el propio fichero. Independientemente del tipo de actividad, cada uno de los contenidos podrá contener distinto tipo de material, como imágenes, texto, vídeos o sonidos, entre otros. Un mismo contenido puede estar asociado a distintas actividades.

Una misma actividad puede tener asociadas distintas versiones de contenidos adaptadas a distintos atributos del modelo de usuario o del modelo de grupo. El diseñador o creador de contenidos puede definir diferentes contenidos dependiendo del tipo de dispositivo utilizado por el usuario. Por ejemplo, en una determinada actividad, el diseñador podría definir distintos contenidos, unos para el caso en el que el usuario utilice un ordenador personal o portátil y otros para cuando se conecte con una PDA. En este caso, lo más usual es que los contenidos mostrados a los usuarios si utilizan una PDA se encuentren más sintetizados o se muestre la misma información que cuando se utiliza un ordenador personal pero dividiéndola en varias páginas para que el usuario pueda visualizar dichos contenidos de una forma más cómoda.

Por último, se pueden definir distintas versiones de contenidos dependiendo de parámetros de los usuarios como, por ejemplo, la dimensión visual-verbal de los estilos de aprendizaje de los alumnos [Felder88]. En determinadas actividades, puede ser útil disponer de dos versiones distintas, una para estudiantes con estilo de aprendizaje visual, donde las explicaciones serán más esquemáticas y contendrán más dibujos y gráficos, y otra con explicaciones textuales más extensas para los estudiantes con estilo de aprendizaje verbal.

Además, se pueden ofrecer distintas explicaciones dependiendo de la experiencia del usuario adaptando el vocabulario o el tipo de expresiones de las distintas versiones de contenidos.

En el caso de actividades colaborativas, aparte del enunciado de la tarea a desarrollar en grupo, tienen asociadas una o varias herramientas colaborativas (ya sean síncronas o asíncronas) para facilitar la comunicación e interacción entre miembros del mismo grupo de trabajo. Las herramientas colaborativas disponibles se pueden combinar de tal manera que tanto el enunciado como las propias herramientas se adapten a las características de los usuarios y grupos. Esta adaptación se realiza mediante reglas de adaptación que serán descritas detalladamente en la sección 3.2.4.

3.2.3. Reglas de recomendación

Las reglas de recomendación definen los criterios para recomendar las distintas actividades a los distintos usuarios y grupos teniendo en cuenta los rasgos definidos tanto en el modelo de usuario como en el del grupo, así como las características de las actividades. En esta propuesta se han definido cuatro posibilidades para especificar distintos tipos de recomendaciones:

- Definir **qué actividades van a formar parte de una actividad compuesta**, así como las **relaciones** que existen entre estas subactividades. De este modo, una misma actividad puede descomponerse en diferentes subactividades y la guía de navegación ofrecida entre las subactividades puede ser la misma para todos los estudiantes o distinta dependiendo de a qué tipo de estudiantes vayan orientadas las actividades, e incluso del contexto en el que se encuentren. Por ejemplo, podría considerarse adecuado proponer a los estudiantes que no tienen conocimientos previos que sean guiados directamente a través de un conjunto de actividades, mientras que para los estudiantes con un mayor nivel de conocimientos se podría considerar más conveniente que pudiesen navegar libremente a través de estas actividades y que las realizaran en el orden que prefirieran. También podría considerarse necesario incluir actividades básicas extra para los estudiantes que cursan por primera vez la asignatura (por ejemplo, practicando con simulaciones o realizando pequeños ejercicios individuales) antes de empezar a realizar actividades colaborativas con otros estudiantes.
- Especificar qué **tipos de actividades** deben proponerse o no en **contextos concretos** a determinados **tipos de estudiantes**. Por ejemplo, si el usuario está en clase con su PDA encendida, no tiene sentido proponerle una actividad colaborativa síncrona, ya que debe participar en clase y prestar atención a los comentarios del profesor y del resto de sus compañeros. Sin embargo, si el profesor realiza a los estudiantes una pregunta y les pide que utilicen su PDA durante una clase de teoría, es lógico que sus

respuestas puedan ser inmediatamente enviadas y analizadas para presentar los resultados estadísticos en ese instante. Esta última posibilidad podría ser también útil en el caso que los estudiantes no pudieran asistir a clase, de esta manera no se perderían la clase, ya que podrían contestar a las preguntas propuestas por el profesor.

Además, sería interesante poder proponer diferentes tipos de actividades a estudiantes con diferentes características incluso aunque se encuentren en la misma situación, dependiendo de parámetros como sus características personales o necesidades. Por ejemplo, podría considerarse adecuado proponer actividades de repaso y ejercicios individuales a usuarios con estilo de aprendizaje activo que se encuentren viajando en transporte público y tengan un trayecto de cierta duración, mientras que puede considerarse inadecuado proponer este tipo de actividades a estudiantes con estilo de aprendizaje reflexivo en la misma situación.

- Asociar a actividades concretas **requisitos relacionados con el contexto del usuario**. Por ejemplo, un profesor puede proponer actividades que deban realizarse en el laboratorio para verificar que los estudiantes han realizado un determinado trabajo práctico o porque quiere considerar los resultados obtenidos durante la realización de la actividad como parte de la calificación final del estudiante. Otro ejemplo sería que una actividad concreta requiriera que los estudiantes dispusieran de un tiempo determinado que podría ser distinto dependiendo de alguna característica personal como por ejemplo, el nivel de conocimiento del alumno.
- Establecer **prerrequisitos entre actividades**, de modo que una actividad no se proponga si no se ha realizado antes otra. Por ejemplo, podría ser necesario especificar que una actividad debe realizarse después de otra, en el caso de un determinado ejercicio para el cual el estudiante debe haber aprendido los conceptos relacionados antes; o realizar ejercicios más complejos después de actividades con ejemplos, ejercicios y simulaciones.

Cada una de estas posibilidades de recomendación se encuentra representada por un tipo distinto de regla: **reglas estructurales, filtros generales de contexto y reglas de requisitos individuales**. Esta información se encuentra almacenada junto con la información de las actividades.

Las reglas de recomendación pueden tener asociadas condiciones de activación, relacionadas con información sobre los usuarios. Si una regla no tiene condición de activación se aplicará automáticamente. En caso contrario, es necesario que la condición se satisfaga para que la regla se active. Para todos los tipos de reglas de recomendación, las condiciones de activación pueden ser simples o compuestas. Una condición está definida por un nombre de atributo y un valor constante con el que se comparará, a través de un operador de relación, el valor de dicho atributo en el modelo de usuario del estudiante. En

el caso de atributos numéricos, el operador de relación podrá ser el de igualdad, mayor, mayor e igual, menor o menor igual. Sin embargo en el caso de atributos cuyo valor sea de tipo discreto (ya sea numérico o estereotipo) el operador de relación a utilizar será siempre el de igualdad. Las condiciones compuestas tienen condiciones anidadas, que a su vez pueden ser simples o compuestas. Para definir relaciones entre las condiciones anidadas se pueden utilizar dos clases de operadores: “y” u “o”. Estos operadores especificarán qué condiciones anidadas es necesario que se satisfagan para que la condición compuesta se cumpla. Si se utiliza el operador “y” para relacionar varias condiciones anidadas, es necesario que se cumplan cada una de las condiciones anidadas para que la condición compuesta se satisfaga. Por el contrario, si se utiliza el operador “o”, sólo es necesario que una de las condiciones anidadas se cumpla para que la condición de activación compuesta se satisfaga. Además, pueden especificarse condiciones negativas, en las que una regla se activa cuando no se cumple una determinada condición, ya sea simple o compuesta.

En la tabla 3.3 se muestran dos ejemplos de condiciones de activación, simples y compuestas, que pueden utilizarse en las reglas de recomendación. La condición de activación ① define una condición compuesta por varias condiciones anidadas. Esta condición será satisfecha en el caso que el estudiante se encuentre en casa o en lugares distintos a la clase de teoría y el laboratorio de prácticas, y además, sea un estudiante con nivel de conocimientos básico y disponga de más de media hora ó que sea un estudiante con nivel de conocimientos avanzados pero con más de un cuarto de hora disponible. La condición ② es una condición simple que indica que el estudiante debe estar utilizando su teléfono móvil.

Tabla 3.3. Ejemplos de condiciones de activación simples y compuestas

Id	Cond. Usuario	Cond. Contexto
①	conocimiento_previo=basico	tiempo>30 Y (lugar=casa O lugar=otros)
	conocimiento_previo=avanzado	tiempo>15 Y (lugar=casa O lugar=otros)
②		dispositivo = teléfono

Las reglas estructurales, los filtros generales de contexto, las reglas de requisitos individuales y las reglas de adaptación para actividades colaborativas, pueden tener asociadas condiciones de este tipo, ya sean simples o compuestas.

Finalmente, los criterios de recomendación pueden combinarse de diferentes maneras en función de las características personales de los usuarios y del contexto en el que se encuentren. En la tabla 3.4 se muestra un cuadro resumen con posibles combinaciones de criterios que pueden establecerse en las condiciones de las reglas de adaptación. Para usuarios con las mismas características se puede ofrecer la misma recomendación

(combinación ①) o recomendaciones distintas en función del contexto en el que se encuentran (combinación ④). Otra situación sería cuando hay usuarios con distintas características pero que se encuentran en un mismo contexto. En este caso, se podría ofrecer la misma recomendación independientemente de las características personales de cada usuario (combinación ②) u ofrecer distintas recomendaciones dependiendo de sus rasgos personales (combinación ③). Por último, puede haber usuarios con distintos características personales que se encuentren a su vez en distintos contextos. En esta situación, se podrían ofrecer las mismas recomendaciones para todos los usuarios en esos contextos y con esas características personales (combinación ⑥) o hacer recomendaciones adaptadas a su perfil y al contexto en el que se encuentran (combinación ⑤).

Tabla 3.4. Resumen de las posibles combinaciones de criterios de adaptación

Id	Cond. Usuario	Cond. Contexto	Recomendación
①	Perfil1	Contexto1a	Recomendación1
		Contexto1b	
②	Perfil2a	Contexto2	Recomendación2
	Perfil2b		
③	Perfil3a	Contexto3	Recomendación3a
	Perfil3b		Recomendación3b
④	Perfil4	Contexto4a	Recomendación4a
		Contexto4b	Recomendación4b
⑤	Perfil5a	Contexto5a	Recomendación5a
	Perfil5b	Contexto5b	Recomendación5b
⑥	Perfil6a	Contexto6a	Recomendación6
	Perfil6b	Contexto6b	

A continuación se describen con más detalle los distintos tipos de reglas de recomendación mencionadas anteriormente: las reglas estructurales, los filtros generales de contexto y las reglas de requisitos individuales.

Reglas estructurales

Las reglas estructurales indican la manera en que se descomponen las actividades compuestas, así como la flexibilidad de la guía de navegación ofrecida a los distintos

usuarios durante la realización de las subactividades, incluyendo el orden en el que los usuarios tendrán que realizar dichas subactividades en el caso que la guía sea directa. Una actividad puede descomponerse de distintas formas, e incluso la guía de navegación ofrecida entre las subactividades puede ser distinta dependiendo del usuario a quien esté dirigida. Una versión más simple de este tipo de reglas se ha utilizado previamente para describir cursos adaptativos Web [Carro01]. Cada una de las reglas estructurales consta de:

- Una actividad compuesta.
- Actividades en las que se divide la actividad compuesta.
- La secuencia que indica cuál es el modo de navegación ofrecido a los estudiantes para la realización de las distintas subactividades. Los modos de secuenciación permitidos son: guía directa y guía flexible. Si la guía es “directa”, los estudiantes realizarán las actividades en el orden especificado; una guía “flexible” indica que no existe un orden específico de la realización de las subactividades y, por tanto, los usuarios podrán realizarlas en cualquier orden.
- Condición de activación de la regla, relacionada con la información personal de los usuarios, su contexto y/o acciones. Si la regla no tiene asociada ninguna condición de activación siempre se activará, mientras que si tiene condición es necesario que ésta se satisfaga para que la regla se active. Cuando una regla se activa, entonces las actividades en la parte derecha de la regla pasan a estar disponibles para el usuario.

En la tabla 3.5 se muestra un ejemplo de reglas estructurales. En esta tabla se encuentran definidas cinco reglas estructurales sobre tres actividades compuestas distintas: “Álgebra de Boole” (*BooleA*), simulaciones (“*BA_Sim*”) y puertas lógicas (“*BA_Gates*”).

Las reglas ① y ② definen dos maneras distintas en las que se puede descomponer la actividad del álgebra de Boole (*BooleA*) dependiendo de si el estudiante que la realiza repite la materia o es la primera vez que la cursa. Los estudiantes que cursen por primera vez la materia deberán realizar cuatro actividades (ver regla ①): estudiar la teoría del álgebra de Boole (*BA_Theo*), ver ejemplos sobre tablas de verdad y puertas lógicas (*BA_Example*), interactuar con *applets* que contienen simulaciones (*BA_Sim*) y construir circuitos lógicos mediante un editor gráfico colaborativo (*BA_Build_Circuits*). Además, según indica la guía de navegación de esta regla, los estudiantes deberán realizar las subactividades en orden estricto, tal y como se encuentra especificado en la guía de la regla. Sin embargo, a los estudiantes que cursen por segunda vez la asignatura, no se les mostrarán los ejemplos sobre tablas de verdad y puertas lógicas pudiendo realizar las subactividades en el orden en el que ellos prefieran (regla ②).

Las reglas ③ y ④ indican que la actividad que contiene las simulaciones con *applets* (*BA_Sim*) se descompondrá de dos maneras distintas dependiendo del nivel de

conocimientos del estudiante que la vaya a realizar. Si el estudiante tiene conocimientos previos básicos, se le propondrán dos actividades: operaciones booleanas (*BA_Operations*) y puertas lógicas (*BA_Gates*). El orden de realización de las actividades será el que ellos prefieran. A los estudiantes con nivel de conocimientos avanzado se les propondrá realizar la actividad de puertas lógicas y otra sobre circuitos combinacionales (*BA_Circuits*) pudiéndolas realizar también en el orden en que deseen.

Tabla 3.5. Ejemplo de reglas estructurales

Id	Condición de Activación	Guía	Actividad	Subactividades
①	inicio=nuevo	directa	BooleA	BA_Theo, BA_Example, BA_Sim, BA_Build_Circuits
②	inicio=repeticion	flexible	BooleA	BA_Theo, BA_Sim, BA_Build_Circuits
③	conocimiento_previo=basico	flexible	BA_Sim	BA_Operations, BA_Gates
④	conocimiento_previo=avanzado	flexible	BA_Sim	BA_Gates, BA_Circuits
⑤	-	directa	BA_Gates	BA_And, BA_Or, BA_Not, BA_Nand, BA_Xor

Por último, la regla ⑤ se aplicará a todos los estudiantes de la misma forma ya que no tiene condición de activación. Esta regla indica que los estudiantes interactuarán con los *applets* que permiten simular las puertas lógicas *And*, *Or*, *Not*, *Nand* y *Xor* en ese estricto orden.

Filtros generales de contexto

Los filtros generales de contexto sirven para separar, del conjunto de todas las actividades, aquellas que se considera apropiado recomendar al usuario debido al contexto en el que se encuentra y aquellas que se consideran inapropiadas debido al mismo motivo. También se puede considerar sus características personales para ofrecer las recomendaciones, de modo que sea posible ofrecer distintas recomendaciones a usuarios distintos incluso cuando se encuentran en el mismo contexto. Estos filtros se expresan también en términos de reglas y constan de:

- Condición de activación, relacionada con el contexto de los usuarios. Además, esta condición de activación puede incluir referencias a características personales de los usuarios, de modo que sea posible combinar requisitos de contexto con otros requisitos, dando lugar a distintas recomendaciones para usuarios que están en la misma situación. Esta condición (simple o compuesta) tiene el mismo formato que las condiciones de las reglas estructurales.

- Tipo(s) de actividad(es) recomendada(s) o no recomendada(s) de acuerdo a la situación especificada en las condiciones de la regla.
- Recomendación que indica si las actividades del tipo anterior se deben recomendar o no en caso de cumplirse la condición de activación.

Un ejemplo de filtro general basado en el contexto del usuario se encuentra representado en la tabla 3.6. En la regla ① se indica que las actividades colaborativas no son recomendables para los estudiantes que tengan menos de quince minutos disponibles.

Tabla 3.6. Ejemplo de filtros generales de contexto

Id	Condición de Activación	Rec.	Tipo
①	tiempo<15	No	Colaborativa
②	(conocimiento_previo =básico) Y (tiempo<30) O (conocimiento_previo =avanzado) Y (tiempo<15)	Sí	Repaso Material
③	lugar = clase	No	Mensaje

Sin embargo, la regla ② indica que para los estudiantes con conocimientos básicos que tengan menos de media hora disponible y para los estudiantes avanzados con menos de quince minutos, las actividades más adecuadas son las actividades de repaso y de descarga de material docente. Por último, la regla ③ indica que si los estudiantes están en clase no estará recomendado el envío y recepción de mensajes.

Reglas de requisitos individuales

Las reglas de requisitos individuales especifican restricciones de realización para una determinada actividad. Son reglas muy sencillas que constan de:

- Condición de activación asociada a la realización de la actividad y que puede estar relacionada con cualquier característica almacenada en el modelo del usuario o en el modelo de grupo (por ejemplo, número mínimo de usuarios necesarios para poder realizar la actividad, realización previa de una o varias actividades relacionadas, fecha de activación de la actividad o condiciones del contexto de los usuarios, entre otros).
- Actividad que tiene la restricción de realización.

En la tabla 3.7 se muestran algunos ejemplos de reglas de requisitos individuales. La primera regla indica que hay una actividad que es un ejercicio tipo test, relacionado con las prácticas, que debe ser realizado por los estudiantes en el laboratorio de prácticas y justo en

una determinada fecha. La regla ② está asociada a la actividad de operaciones booleanas (*BA_Operations*). Dicha actividad requiere que los estudiantes tengan un tiempo disponible mínimo de diez minutos. Por último, la regla individual ③ indica que para poder realizar la actividad colaborativa de construcción de circuitos lógicos (*BA_Build_Circuits*), los estudiantes deben disponer de un tiempo mínimo, el cual será distinto de acuerdo a su nivel de conocimientos: los estudiantes con nivel de conocimientos básico deberán disponer de al menos media hora para poder realizarla, mientras que los estudiantes avanzados deberán disponer de un mínimo de quince minutos.

Tabla 3.7. Ejemplo de reglas de requisitos individuales

Id	Condición de Activación	Actividad
①	(lugar = laboratorio) Y (fecha=2008.05.20 15:00)	Lab_Test1
②	tiempo >= 10	BA_Operations
③	(conocimiento_previo = basico) Y (tiempo >= 30) O (conocimiento_previo = avanzado) Y (tiempo >= 15)	BA_Build_Circuits

3.2.4. Recomendación basada en otros usuarios

En determinadas ocasiones, puede ocurrir que no exista información suficiente sobre la adecuación de una determinada actividad para un usuario concreto que se encuentra en un contexto específico, es decir, no existen reglas de recomendación que indiquen si recomendar o no esa actividad. En este caso, se pueden realizar recomendaciones basadas en la información de otros usuarios con características similares. Por ejemplo, supongamos que existe una actividad “X” de la que no se tiene ningún tipo de información sobre su adecuación para estudiantes sin conocimientos previos. Sin embargo, se conoce que el 75% de los usuarios sin conocimientos previos realizaron dicha actividad después de realizar la actividad “Y”, en vez de elegir otra actividad disponible. En esta situación, si un usuario del mismo acaba de finalizar la actividad “Y” y, al comprobar si “X” debe ser recomendada o no, no se encuentra información en las reglas, parece lógico recomendarle dicha actividad, ya que la mayoría de los usuarios con características similares mostraron interés por realizarla después de terminar “Y”, frente a elegir otra actividad de las disponibles.

Evidentemente, para poder ofrecer este tipo de recomendaciones basadas en las acciones de otros usuarios con características y contextos similares, es necesario almacenar y procesar información sobre usuarios que interactuaron con el entorno previamente. En caso de no existir información disponible para una actividad determinada, se anota dicha actividad como disponible y se deja en manos del usuario realizarla o no.

En esta propuesta se propone el uso de modelos de Markov para la generación y utilización de grafos que representan secuencias de actividades realizadas por distintos tipos de usuarios: los nodos representan las actividades, y los arcos las secuencias seguidas, incluyendo en cada arco la probabilidad de realizar una actividad después de haber realizado otra. Así, para decidir si una actividad será recomendada a un usuario con ciertas características en un contexto determinado, se consultará el grafo correspondiente a las secuencias de actividades realizadas por usuarios de características y contextos similares y se decidirá en consecuencia.

Para poder ofrecer este tipo de recomendación, el primer paso consiste en realizar una **clasificación de usuarios** en función de los rasgos de adaptación que se tienen en cuenta en todo el entorno para ofrecer las recomendaciones. Cada usuario está definido por un vector de atributos, que pueden estar relacionados tanto con sus rasgos personales como con características de su contexto. Cada elemento del vector tendrá asignado el valor del atributo correspondiente para ese usuario. En función de los posibles valores para cada atributo del vector, realizando todas las combinaciones de valores para cada atributo, se obtiene un conjunto de vectores, cada uno de los cuales representa una clase diferente de usuarios.

Consideremos un entorno en el que se tienen en cuenta la dimensión secuencial-global de los estilos de aprendizaje de los alumnos y el dispositivo que utilizan para realizar actividades de ese entorno, distinguiendo entre ordenador personal o portátil y dispositivo móvil (PDA o teléfono móvil). En este caso concreto, hay cuatro posibles clasificaciones del usuario: secuencial utilizando un ordenador fijo o portátil (tipo 1), secuencial utilizando una PDA o teléfono móvil (tipo 2), global utilizando un ordenador (tipo 3) y global utilizando una PDA o teléfono (tipo 4). En el caso de atributos numéricos (como, por ejemplo, el tiempo disponible), los valores posibles son demasiados como para poder obtener suficientes usuarios de cada una de las categorías en función de los minutos que tienen disponibles. Por este motivo, se ha decidido agrupar por rangos los posibles valores en este tipo de atributos.

Para cada una de estas clases de usuarios, se puede obtener un **recorrido de actividades** con información sobre la probabilidad de realización de una determinada actividad después de haber realizado otra por parte de usuarios con las características asociadas a la clase. El recorrido de actividades para cada clase de usuarios se obtiene analizando el orden en el que los usuarios de esta clase realizaron las actividades del entorno. Cada recorrido contiene información sobre todas las actividades que forman parte del entorno y cuántos usuarios de esa clase realizaron una determinada actividad después de otra. Estos recorridos de actividades se han representado utilizando un modelo de Markov donde los estados representan las actividades del entorno y los enlaces entre las mismas indican la probabilidad de que un usuario realice la actividad en un momento determinado.

Una vez obtenidos los recorridos de actividades para cada una de las clases de usuario, se puede decidir si recomendar o no una determinada actividad teniendo en cuenta el tipo de usuario involucrado, la última actividad realizada (que será considerada como la actividad origen), la actividad sobre la que se desea obtener información (actividad destino), los recorridos entre actividades realizados por usuarios similares (pertenecientes a la misma clase), y la relación que existe entre las probabilidades de transición desde la actividad origen a las posibles actividades destino. La recomendación sobre una determinada actividad se realiza si se puede sugerir con suficiente confianza. Se considera que existe suficiente confianza sobre la probabilidad de una transición cuando la probabilidad de transición de la actividad origen a la actividad destino (de la que se desea obtener información) con respecto a cada una de las posibles actividades destino (excluyendo la actividad destino), es superior a un 30%. En ese caso, la actividad destino se anota como recomendada para ese usuario, ya que es mucho más probable que le interese ésta frente a las otras.

En la figura 3.1 se presentan dos ejemplos sobre posibles situaciones. Se considera la actividad A como la actividad origen y B como la actividad sobre la que no se tiene información sobre la adecuación de recomendarla a un determinado usuario. En el ejemplo 1, desde la actividad A sólo hay dos posibles actividades destino: B y C. En este caso, como la probabilidad de B es mucho mayor que la probabilidad de realización de la actividad C (es más del 30%) se recomendaría esta actividad al usuario. Sin embargo, si quisiéramos saber si recomendar o no la actividad C, como la probabilidad de realizar C después de la actividad A es inferior a un 30%, C no se recomendaría especialmente al usuario.

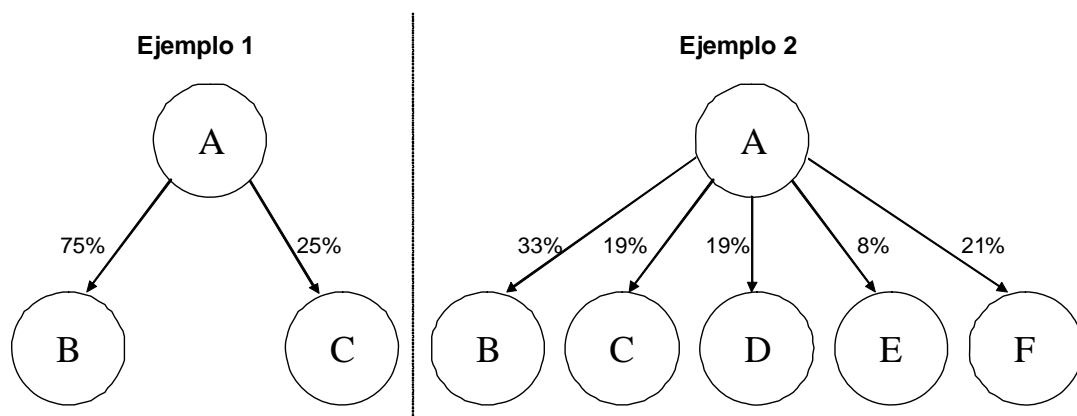


Figura 3.1. Ejemplos de recomendación basada en el contexto de otros usuarios

Supongamos ahora la situación representada en el ejemplo 2, donde la actividad B tiene una probabilidad de realizarse después de la actividad A similar a la de realizar las actividades C, D, E y F desde esta misma actividad origen. Para saber si conviene recomendar B frente a las demás, se va comparando la probabilidad de realizar B después de A con la probabilidad

de realizar cada una de las otras actividades destino después de A. Por ejemplo, si consideramos la actividad cuya probabilidad dista más de la probabilidad de realizar B (actividad E), la suma de ambas probabilidades es 41%; si este 41% se considera como el 100%, para comparar los porcentajes si sólo se consideran estas dos actividades, entonces los porcentajes relativos a ese 100% serían 80,5% para B (33% sobre 41%) y 19,5% para E (8% sobre 41%). En este caso la probabilidad de realizar B es mayor que 30%. Si comparamos la actividad B con el resto de posibles actividades destino tendremos que la probabilidad de realizar la actividad B en comparación con la probabilidad de realizar la actividad C y la actividad D es de un 63% (33% sobre 52% en ambos casos); y la probabilidad de realizar la actividad B respecto a la actividad F es de un 61% (33 sobre 54%). Por tanto, como la probabilidad de realizar B es mayor que 30% en todos los casos, B se recomendará al usuario. Si además hubiera que decidir si E se recomienda al usuario en la misma situación, por ejemplo, como la probabilidad relativa es inferior al 30% en al menos un caso (19,5% cuando se compara con B), no se haría ninguna recomendación en particular.

En las figuras 3.2 y 3.3 se muestran dos recorridos parciales de actividades calculados para sendas clases de estudiantes de la asignatura de *“Informática General”*. En el grafo de la figura 3.2 se muestra parte del recorrido realizado por estudiantes que cursan por primera vez la asignatura y tienen nivel de conocimiento avanzado (clase 1) cuando disponen de veinte minutos para la realización de actividades. El grafo de la figura 3.3 presenta parte del recorrido para estudiantes de la clase 2 (cursan por segunda vez la materia y tienen conocimientos básicos) cuando disponen también de veinte minutos.

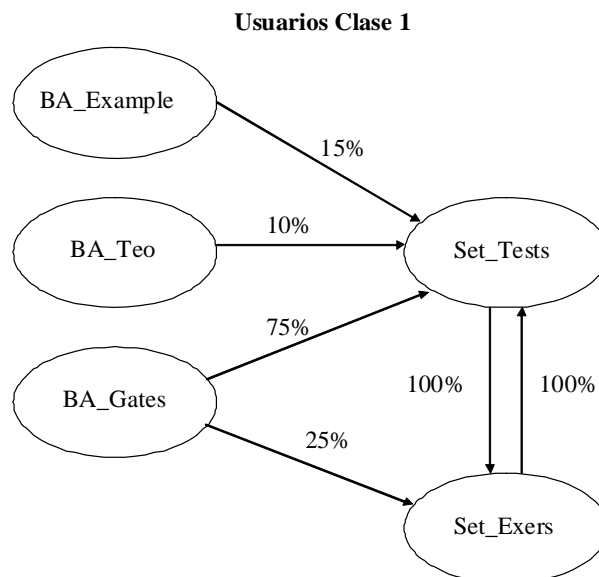


Figura 3.2. Ejemplo de un recorrido de actividades para un usuario de clase 1

Cada uno de los grafos de recorridos representa la probabilidad de que un usuario con las características de la clase asociada realice una actividad después de otra. Por ejemplo, se puede ver que para los estudiantes de clase 1, la actividad *Set_Tests* se puede realizar después de cuatro actividades distintas: *BA_Example*, *BA_Theo*, *BA_Operations* y *Set_Exers* (ver grafo de la figura 3.2). En el caso concreto de la actividad *BA_Gates*, el 75% de las ocasiones los usuarios decidieron realizar a continuación la actividad *Set_Tests* y el 25% de las veces continuaron realizando la actividad *Set_Exers*. Además, cuando los usuarios realizan la actividad *Set_Tests*, después siempre realizan la actividad *Set_Exers*. Lo mismo ocurre en orden inverso entre estas dos últimas actividades.

En el caso de usuarios de la clase 2 (ver grafo de la figura 3.3), la relación entre los ejercicios *Set_Tests* y *Set_Exers* es la misma que para los usuarios de la clase 1 (si se ha decidido realizar cualquiera de las dos actividades, a continuación, el usuario realizará la otra). Sin embargo, se puede observar que el porcentaje de usuarios de ese tipo que realiza la actividad después de la actividad *BA_Theo* baja a un 5% frente a los usuarios del tipo 1 (10%). Ningún usuario de clase 2 ha realizado la actividad *Set_Tests* después de la actividad *BA_Example*. Esto ocurre porque existe una regla estructural para este tipo de usuarios que realmente impide este camino (regla ② de la tabla 3.5).

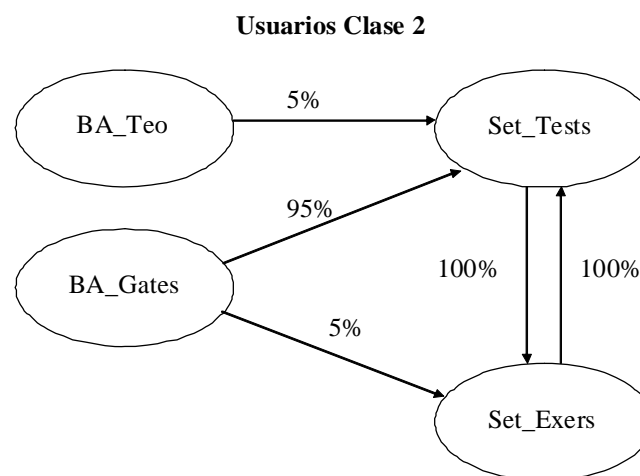


Figura 3.3. Ejemplo de un recorrido de actividades para un usuario de clase 2

De acuerdo a estos datos, supongamos que un usuario de clase 1 se encuentra en la siguiente situación: ha realizado la actividad *BA_Example* y *BA_Theo* pero todavía no ha realizado las actividades *BA_Gates*, *Set_Tests* y *Set_Exers*; la actividad *BA_Gates* se encuentra recomendada; y no existe suficiente información sobre la adecuación de recomendar las actividades *Set_Tests* y *Set_Exers*. En esta situación, el mecanismo de recomendación basado en la información de otros usuarios no ofrecería ninguna recomendación específica sobre la realización de ninguna de las actividades *Set_Tests* y *Set_Exers*, es decir, mantendría el estado

de dichas actividades como disponibles. Esto se debe a que en la mayoría de las situaciones (un 75% de las ocasiones), los usuarios realizan estas dos actividades después de realizar la actividad *BA_Gates* (ver grafo de recorridos de la figura 3.2). Sin embargo, si el mismo usuario hubiese acabado de realizar la actividad *BA_Gates*, el mecanismo de recomendación sugeriría la realización de la actividad *Set_Tests* ya que la mayoría de los usuarios han realizado estas actividades en este orden (un 75% en el caso de usuarios de clase 1). Si el usuario hubiera pertenecido a la clase 2, la recomendación habría sido la misma en este caso particular, ya que la probabilidad de realizar la actividad *Set_Tests* después de la actividad *BA_Gates* para estos usuarios es de un 95%.

3.2.5. **Generación de espacios de trabajo**

Por último, tras el proceso de recomendación, cuando un usuario selecciona una actividad a realizar, es necesario generar el espacio de trabajo correspondiente para dar soporte a la realización de la actividad. En este sentido, se desea **generar espacios de trabajo adaptados tanto a la actividad a desarrollar como a las características de los usuarios y grupos de trabajo, incluyendo su contexto**. También se desea poder especificar **distintas configuraciones** para los espacios de trabajo colaborativos en el caso de actividades de este tipo.

Para generar un espacio de trabajo individual, se seleccionan, de entre los contenidos asociados a una actividad, los más apropiados para el usuario en cuestión, en caso de existir distintas versiones disponibles. Para ello, se comparan las características del usuario (incluyendo su contexto) con las de los distintos contenidos, y se seleccionan aquellos contenidos con un mayor número de coincidencias en estos rasgos.

Los espacios de trabajo colaborativos, por su parte, están formados por el enunciado de la actividad y un conjunto de herramientas a utilizar para la resolución de la misma. Por ejemplo, puede ser adecuado proponer distintos enunciados a los estudiantes de acuerdo a su nivel de conocimientos en la materia, de manera que a los estudiantes con nivel de conocimientos básico se les pueda proponer realizar una actividad a priori más fácil que la que se les puede plantear a los estudiantes más avanzados. Además, sería útil que dependiendo del estilo de aprendizaje de los alumnos, se propusieran distintas herramientas colaborativas, siempre que las actividades permitieran esta variación. Por ejemplo, para los estudiantes con estilo de aprendizaje visual, que comprenden mejor lo que se está explicando a través de gráficos o imágenes, se les puede componer un espacio de trabajo colaborativo que lleve integrado un editor gráfico colaborativo, mientras que a los estudiantes con estilo de aprendizaje verbal, puede considerarse más apropiado proporcionarles un editor textual como herramienta principal para la resolución de la actividad. Los criterios de adaptación a tener en cuenta durante la generación de espacios

de trabajo colaborativos se representan mediante reglas de adaptación cuyos detalles se ofrecen a continuación.

Reglas de adaptación para espacios de trabajo colaborativos

Cada espacio de trabajo colaborativo está formado por el enunciado de la actividad a realizar, las herramientas principales a utilizar (que constituirán la interfaz principal del espacio de trabajo) y herramientas adicionales situadas en una interfaz secundaria que serán ofrecidas a los estudiantes como apoyo a la realización de la actividad. Con el objetivo de proveer espacios de trabajo colaborativos adecuados a cada uno de los grupos de trabajo para dar soporte a la realización de las distintas actividades colaborativas, se pueden definir reglas que especifiquen los criterios para la generación de dichos espacios de trabajo. Las condiciones de activación de estas reglas indican los requisitos que se deben cumplir para generar el correspondiente espacio de trabajo colaborativo. Estas condiciones pueden estar relacionadas con cualquier rasgo almacenado en el modelo de usuario o en el modelo de grupo. De este modo, es posible crear distintos espacios de trabajo orientados las necesidades de distintos tipos de usuarios, incluso para resolver la misma tarea.

Para ello, se utilizan dos tipos de reglas de adaptación: **reglas de espacios de trabajo** y **reglas de herramientas colaborativas**. Ambos tipos de reglas se han utilizado también para la generación de espacios de trabajo colaborativos asociados a cursos hipermedia adaptativos dentro del sistema COL-TANGOW [Carro03b].

Las reglas de espacios de trabajo colaborativo especifican qué enunciado y que conjunto de herramientas utilizarán los estudiantes para realizar una determinada actividad colaborativa. Estas reglas están definidas por:

- El identificador de la actividad colaborativa.
- El enunciado de la actividad que se les propondrá a los estudiantes.
- El conjunto de herramientas a utilizar para el desarrollo de esta actividad (separadas en una interfaz principal y una interfaz secundaria).
- Su condición de activación.

Por otro lado, las reglas de herramientas colaborativas definen, a partir de un conjunto de herramientas disponibles, cuáles son las herramientas específicas más adecuadas para mostrar en las interfaces principal y secundaria a cada grupo de estudiantes. Estas reglas constan de:

- Condición de activación, relacionada con características del usuario o del grupo.
- Conjunto de herramientas.

- Herramientas que conforman el conjunto anterior o grupos de herramientas a utilizar en los casos indicados en la condición de activación.

En la tabla 3.8 se muestran ejemplos de reglas de espacios de trabajo colaborativos. Como se puede ver, se encuentran definidas dos reglas, cada una de las cuales especifica una configuración distinta para los espacios de trabajo colaborativos presentados a los estudiantes en la actividad de construcción de circuitos lógicos de acuerdo a su nivel de conocimientos. Estas reglas especifican que los estudiantes con nivel de conocimientos básico tendrán un enunciado distinto al que se les presentará a los estudiantes avanzados. Sin embargo, todos los estudiantes utilizarán a priori el mismo conjunto de herramientas colaborativas para la resolución de dicha actividad (*H1*).

Tabla 3.8. Ejemplo de reglas de espacios de trabajo colaborativos

Id	Condición de Activación	Act. Colaborativa	Enunciado	Conj. Herramientas
①	conocimiento = basico	BA_Build_Circuits	CircuitsBas	H1
②	conocimiento = avanzado	BA_Build_Circuits	CircuitsAv	H1

Como se puede observar en la tabla 3.9, la primera regla indica que el conjunto de herramientas a mostrar en la interfaz principal será *MainH1* para todos los estudiantes, y el conjunto de herramientas a ofrecer en la interfaz secundaria será el identificado como *AddH1*. Sin embargo, las reglas ② y ③ de la tabla 3.9 indican que las herramientas colaborativas mostradas en la interfaz principal (*MainH1*) serán distintas dependiendo de la dimensión visual-verbal del estilo de aprendizaje de los estudiantes. Para los estudiantes con estilo de aprendizaje visual, la herramienta mostrada en la interfaz principal será un editor gráfico colaborativo.. Sin embargo a los estudiantes con estilo de aprendizaje verbal, se les ofrecerá un editor de texto colaborativo. En la interfaz secundaria del espacio de trabajo generado para todos los estudiantes, se ofrecerá un cliente de correo electrónico, un *chat* y un foro como herramientas adicionales (regla ④ de la tabla 3.9).

Tabla 3.9. Ejemplo de reglas de herramientas colaborativas

Id	Condición de Activación	Conjunto	Herramientas
①	-	H1	MainH1, AddH1
②	estilo_aprendizaje = visual	MainH1	Graph_Ed
③	estilo_aprendizaje = verbal	MainH1	Text_Ed
④	-	AddH1	Email, Chat, Forum

Una vez explicadas las bases del mecanismo de recomendación, a continuación se presenta su funcionamiento junto con un ejemplo para ilustrarlo.

3.3. Funcionamiento del Mecanismo de Recomendación

El mecanismo de recomendación es el encargado de procesar, en tiempo real, los distintos elementos (reglas de recomendación e información sobre otros usuarios) para, en función del perfil de cada usuario, seleccionar las actividades más adecuadas dependiendo de sus características personales, de sus acciones y de su contexto particular. En el caso de actividades colaborativas, también tiene en cuenta las características y acciones de los grupos de trabajo, así como el contexto de los miembros de cada grupo.

Con el fin de ilustrar el funcionamiento de este mecanismo, se presenta un ejemplo sobre la asignatura “*Informática General*” de primer curso de “*Ingeniería Informática*”. Supongamos que tenemos dos estudiantes: María y José. María es una estudiante con estilo de aprendizaje visual que cursa la asignatura por primera vez y tiene conocimientos avanzados en la materia. José es un estudiante con estilo de aprendizaje verbal que cursa por segunda vez la asignatura, con conocimientos básicos en la materia. Ambos se encuentran viajando de la universidad a su casa y disponen de veinte minutos libres, que es lo que dura su trayecto. María lleva consigo su ordenador portátil y José su PDA.

Los profesores han puesto a su disposición un entorno de aprendizaje móvil llamado “*Informática General*”. La información relativa a este entorno, junto con los rasgos que se utilizarán en el proceso de recomendación de las actividades de la misma, se encuentra definida en la tabla 3.2 y explicados en la sección 3.2.2. En esta asignatura, los estudiantes deben realizar distintas actividades sobre “*Álgebra de Boole*”, como:

- Repasar los conceptos aprendidos hasta el momento (*Review*)
- Estudiar los conceptos básicos sobre álgebra de Boole (*BA_Theo*) y las distintas operaciones booleanas (*BA_Operations*).
- Comprender los ejemplos sobre tablas de verdad y puertas lógicas (*BA_Example*).
- Interactuar con *applets* que les permitirán hacer simulaciones sobre operaciones booleanas con distintas puertas lógicas (*BA_And*, *BA_Or*, *BA_Not*, *BA_Nand*, *BA_Xor*) y circuitos más complejos (*BA_Circuits*).
- Descargar el material docente que el profesor de la asignatura ha puesto a disposición de los alumnos (*BA_Mat*).
- Hacer un ejercicio tipo test en clase para demostrar que han realizado una determinada práctica (*Lab_Test1*).
- Construir un circuito lógico de forma colaborativa (*BA_Build_Circuits*).

- Realizar una colección de ejercicios tipo test (*Set_Tests*) y de ejercicios de respuesta libre (*Set_Exers*).

Además de estas actividades, María tiene pendiente la recepción de dos mensajes (*Message_S*, *Message_R*) que sus compañeros le han enviado.

Para cada estudiante interactuando con el entorno, el mecanismo de recomendación selecciona las actividades más adecuadas en función de la información almacenada sobre cada uno de los elementos básicos presentados en las secciones anteriores (actividades, contenidos, herramientas, usuarios, grupos y reglas de recomendación). En cada paso, el mecanismo evalúa la adecuación de la realización de cada actividad por parte del estudiante en su contexto particular, y anota las actividades según su **grado de recomendación**:

- Recomendada: los requisitos particulares y las dependencias con respecto a otras actividades se satisfacen, y además el contexto del usuario es propicio para realizar la actividad.
- No recomendada: actividad que, pese a estar disponible, no es recomendable proponer en ese momento porque no se satisface alguna condición relacionada con el contexto del usuario, incluso aunque las condiciones relacionadas con los requisitos particulares y dependencias entre actividades se satisfagan.
- Disponible: la actividad está disponible en cuanto a requisitos particulares y dependencias con otras actividades, y no se tiene información sobre si debe ser recomendada en ese contexto o no.
- No disponible: alguna de las condiciones de activación de requisitos particulares para realizar la actividad o de actividades que debería haber realizado previamente para poder abordar ésta, no se satisfacen.
- Finalizada: el usuario ya ha realizado la actividad.

El funcionamiento general del mecanismo se puede ver representado en el esquema de la figura 3.4. Primeramente, el **gestor de actividades** extrae un listado inicial de actividades disponibles para el usuario en el entorno. Las actividades ya realizadas por el usuario se anotan como tales en dicho listado antes de procesar cada una de las reglas de recomendación. Este listado es la entrada del proceso de recomendación basado en reglas, el cual se encarga de indicar, para cada actividad, el grado de recomendación que se considera apropiado para un estudiante en una situación concreta.

Durante el **procesamiento de las reglas de recomendación**, el grado de recomendación de cada una de las actividades se va actualizando al procesar las reglas de recomendación de un determinado tipo (ver parte superior, recomendación basada en reglas de la figura 3.4). Cada tipo de regla se procesa por un filtro distinto, seleccionando en

cada uno de ellos las actividades más adecuadas para el usuario teniendo en cuenta sus características, acciones y su contexto actual [Martín06a]. Cada filtro va generando como salida un listado intermedio de actividades anotadas que es la entrada del siguiente filtro, hasta que se obtiene un listado final donde el conjunto de actividades de entrada se encuentra anotado con su disponibilidad y grado de recomendación[Martín06b].

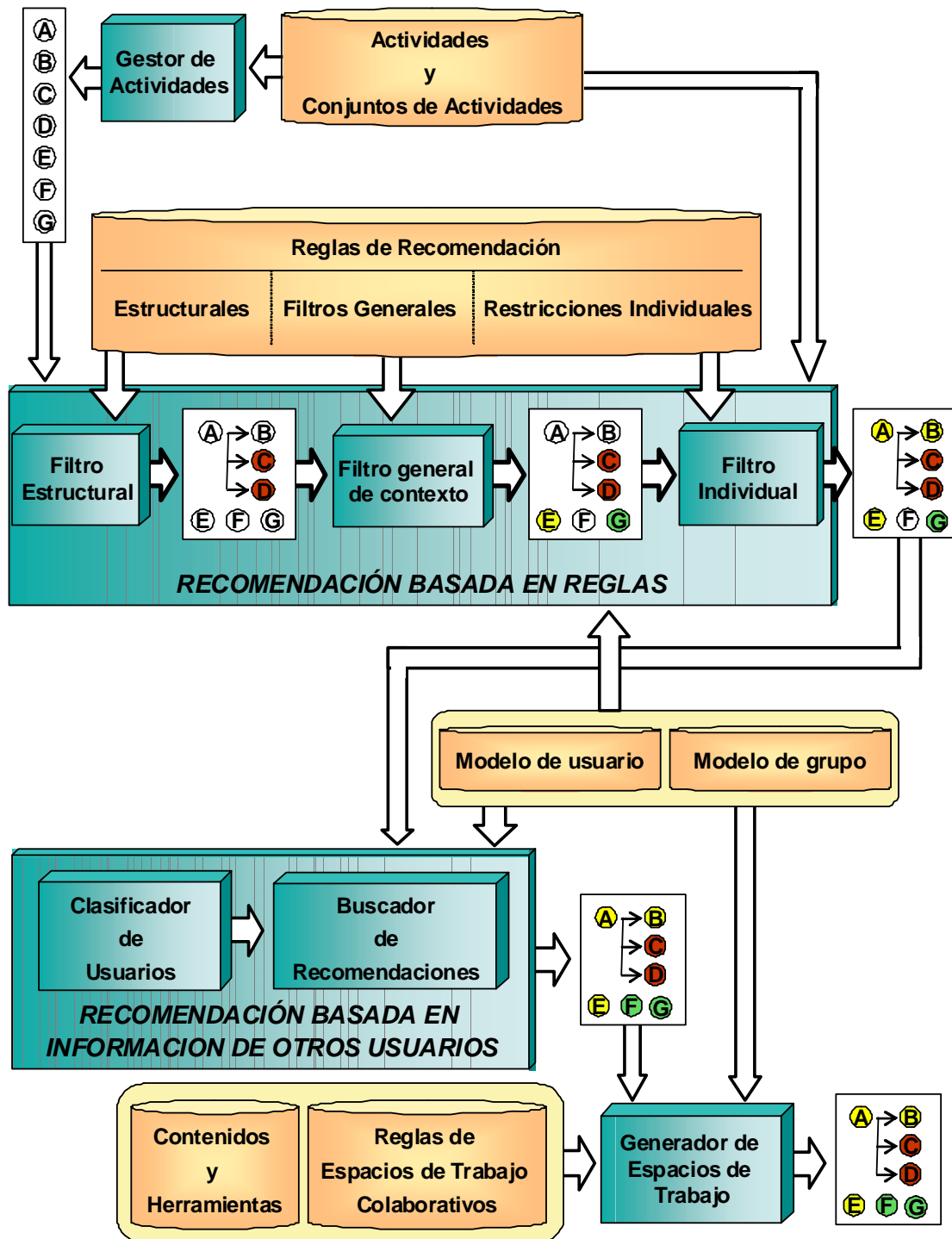


Figura 3.4. Funcionamiento general del mecanismo de recomendación

El listado de salida del proceso de recomendación basado en reglas puede contener actividades para las que no se ha encontrado información especificada en términos de reglas sobre la adecuación de proponer estas actividades al usuario (las actividades se encuentran simplemente “disponibles”, pero ni recomendadas ni no recomendadas especialmente para ese usuario en ese contexto particular). El mecanismo de recomendación consta de una segunda fase donde se pueden realizar **recomendaciones basadas en la información de usuarios similares** (clases de usuarios y recorridos de actividades presentados en la sección 3.2.4.). Estas recomendaciones se pueden ofrecer tanto en los casos en los que no exista información sobre ciertas actividades, como en los casos en los que no se deseen especificar criterios de recomendación en forma de reglas. En caso de querer utilizar esta fase combinada con la fase de recomendación basada en reglas, las anotaciones realizadas en el listado de actividades al procesar las reglas se completan con decisiones de recomendación basadas en la información de usuarios con características similares teniendo en cuenta el orden en el cual realizaron las actividades. En caso de querer utilizar solamente una recomendación basada en información sobre acciones previas de otros usuarios, se parte del listado inicial generado por el gestor de actividades y se anota en consecuencia.

Por último, el listado completo de actividades anotadas se envía al **generador de espacios de trabajo** que se encargará de generar los espacios de trabajo para la realización de las distintas actividades, seleccionando los contenidos multimedia más adecuados para cada tipo de usuario según sus características y contexto particular, y las herramientas más apropiadas para dar soporte a la realización de la actividad, también considerando las características y el contexto de los usuarios.

En el ejemplo de María y José, el listado inicial de actividades relacionadas con la materia de Álgebra de Boole puede verse en la figura 3.5. Este listado lo obtiene el gestor de actividades a partir de la información sobre las actividades compuestas asociadas al entorno y las actividades independientes que no forman parte de ninguna regla estructural. En este caso, ambos usuarios tienen actividades comunes, como la actividad compuesta de Álgebra de Boole (*BooleA*), el repaso de conceptos estudiados anteriormente (*Reviem*), la descarga del nuevo material docente (*BA_Mat*), la realización de un test para comprobar si han realizado la práctica (*Lab_Test1*) y de dos colecciones de ejercicios tipo test (*Set_Tests*) y de respuesta libre (*Set_Exers*). Aparte, María tiene pendiente de recibir dos mensajes de sus compañeros.

A partir del conjunto inicial de actividades, el primer filtro procesa las reglas estructurales comprobando las condiciones de activación de cada una de ellas (si es que las hay) junto con la información disponible en el modelo de usuario y en el modelo de grupo en el caso de actividades colaborativas. Si una regla estructural no tiene asociada condición de activación o su condición de activación se satisface, las actividades correspondientes

(según indique la guía o secuencia de realización de actividades de la regla) son marcadas como: recomendadas. Si la condición de la regla se satisface y la guía es flexible, son todas las subactividades las que se marcan como se ha indicado. Sin embargo, si la guía de navegación es directa, sólo se marcará la primera de las subactividades que esté pendiente de finalizar; en este último caso, el resto de subactividades serán marcadas como no disponibles, ya que la guía directa indica que deben realizarse en el orden en que aparecen en la regla. Si la condición no se cumple debido a un rasgo relacionado con las características personales del usuario o sus acciones, la actividad compuesta se marca como no disponible. Si el contexto del usuario no es adecuado para realizar la actividad, ésta es marcada como no recomendada.

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
Maria
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
José
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

BooleA	Set_Tests
Review	Set_Exers
Test_Practica1	Message_S
BA_Mat	Message_R

Listado Inicial

BooleA	BA_Mat
Review	Set_Tests
Test_Practica1	Set_Exers

Listado Inicial

Figura 3.5. Listado inicial de actividades para María y José

Por ejemplo, en el caso de las actividades anteriores y considerando las reglas definidas en la tabla 3.5, si tenemos como estudiante a María con nivel de conocimientos avanzado cursando por primera vez la asignatura “*Informática General*”, el filtro que se encarga de analizar las reglas estructurales, activaría aquellas sin condición de activación o cuya condición de activación se satisface (las reglas ①, ④ y ⑤). La secuencia de la regla ① indica que las actividades deben proponerse en orden, y como María todavía no ha realizado ninguna de las subactividades, sólo debe proponerse la primera, que se corresponde con la teoría del “*Algebra de Boole*” (*BA_Theo*) puesto que es la primera vez que cursa la asignatura. Por tanto, para María, la regla ① indica que la actividad *BA_Theo* será marcada como recomendada junto con la actividad que está en la parte izquierda de la regla (*BooleA*), mientras que las actividades de ejemplos (*BA_Example*), las simulaciones con *applets* (*BA_Sim*), y la construcción de circuitos lógicos (*BA_Build_Circuits*) serán marcadas como no disponibles, por el modo de secuenciación de la regla. El resultado de aplicar esta regla se muestra en la figura 3.6, donde en la parte izquierda se puede ver el listado inicial de actividades antes de pasar por este filtro, las reglas estructurales que se han aplicado, y el listado de salida generado por el filtro estructural.

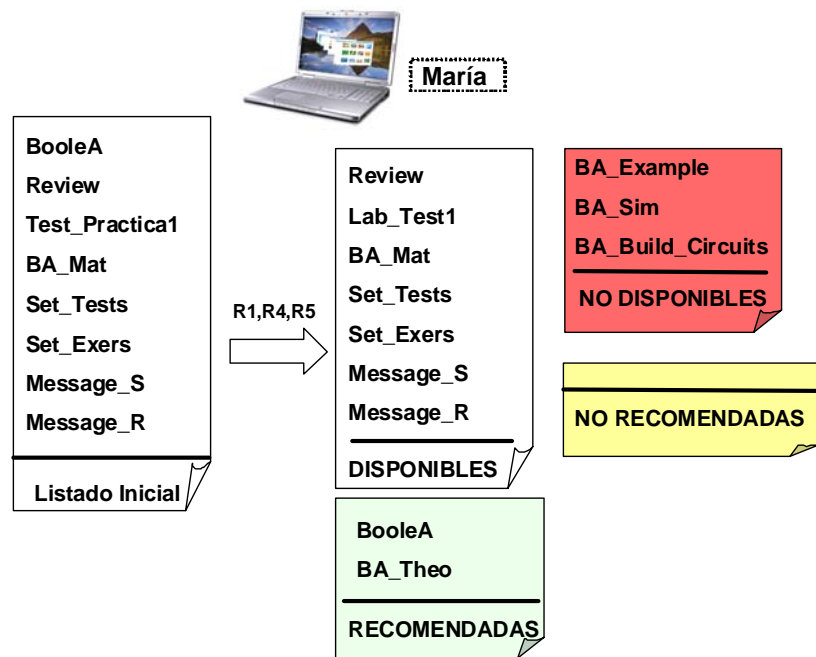


Figura 3.6. Recomendación después de procesar las reglas estructurales para María

Sin embargo, si el estudiante fuese José, que es repetidor y con conocimientos básicos en la materia, según las reglas que componen este filtro (ver figura 3.7), podría realizar las actividades *BA_Theo*, *BA_Sim* y *BA_Build_Circuits* en el orden en el que prefiriese (se activa la regla ②). Estas tres actividades, junto con la actividad que forma la parte izquierda de la regla, son anotadas como actividades recomendadas. En este caso, como la actividad *BA_Sim* se encuentra disponible y existe una regla estructural que indica la forma en la que se descompone para estudiantes con conocimientos básicos (regla ③, cuya condición cumple José), se activa la regla. Esta regla indica que tanto la actividad *BA_Operations* (operaciones booleanas) como la actividad *BA_Gates* (puertas lógicas) estarán disponibles para este usuario y las podrá realizar en el orden que desee (guía flexible).

Por último, la regla ⑤, que no tiene condiciones de activación, indica las subactividades de *BA_Gates* a proponer a cualquier usuario. Al ser la guía de navegación directa, sólo la primera subactividad (*BA_And*) se marca como recomendada. El resto de subactividades (*BA_Or*, *BA_Nand*, *BA_Nor*, *BA_Xor*) se anotarán como no disponibles debido a la secuenciación de la regla (guía directa).

La lista de actividades con las anotaciones realizadas por el filtro estructural es la entrada al siguiente filtro, el filtro general de contexto. Este filtro se encarga de marcar como recomendadas o no recomendadas las actividades de la lista de entrada, teniendo en cuenta el tipo de las actividades y el contexto específico del usuario. En este paso, si no se

satisface alguna de las condiciones de las reglas, las actividades del tipo involucrado en la regla pasan a estado no recomendado. Este filtro se aplica de forma global a todas las actividades de la lista que recibe como entrada

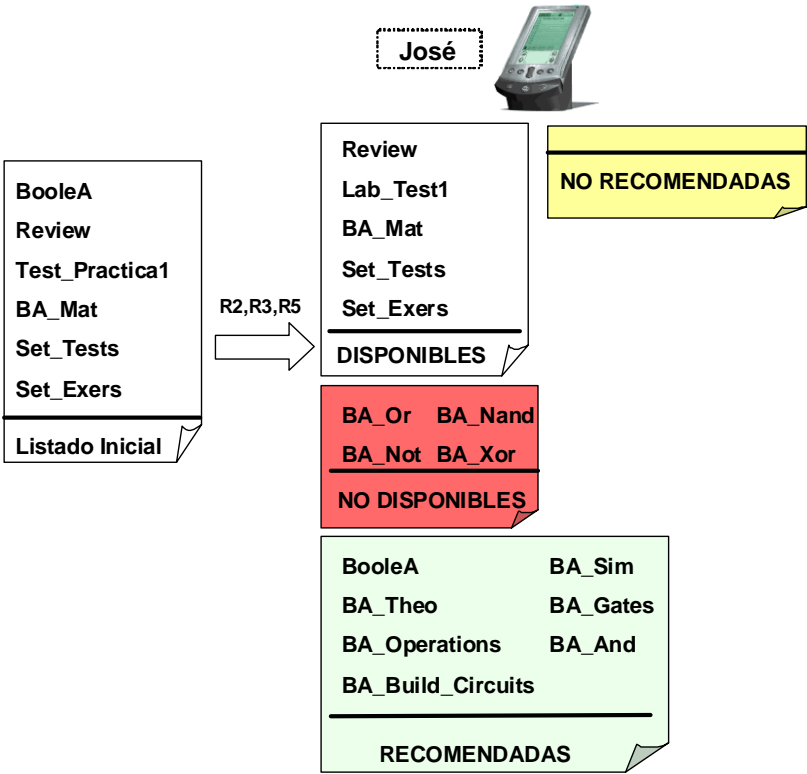


Figura 3.7. Recomendación después de procesar las reglas estructurales para José

Al procesar los filtros generales definidos en la tabla 3.6 para los usuarios María y José, su lista de actividades se actualiza en consecuencia. Las actividades recomendadas para María son la actividad de teoría que tenía como recomendada del paso anterior, las actividades de repaso y de descarga de material docente, junto con los mensajes que la han enviado sus compañeros de grupos de trabajo (aplicación de las reglas ② y ③ de la tabla 3.6) (ver figura 3.8). Por el contrario, José (ver figura 3.9), sólo tendrá como actividades recomendadas las actividades de repaso y de descarga de material ya que no tiene tiempo suficiente para realizar ni actividades de teoría, simulaciones o colaborativas (reglas ①, ② y ③ de la tabla 3.6). El resto de actividades que tenía como recomendadas en el paso anterior, pasarán a no recomendadas debido a su contexto. El resultado de las anotaciones realizadas por el filtro general de contexto se puede ver en la figura 3.8 para el caso de María y en la 3.9 en el caso de José.

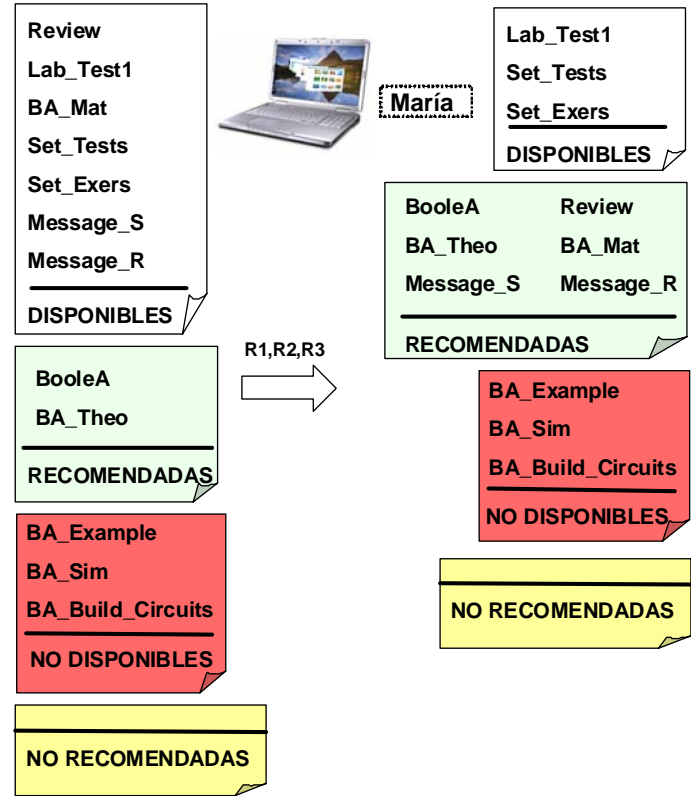


Figura 3.8. Recomendación al procesar los filtros generales de contexto para María

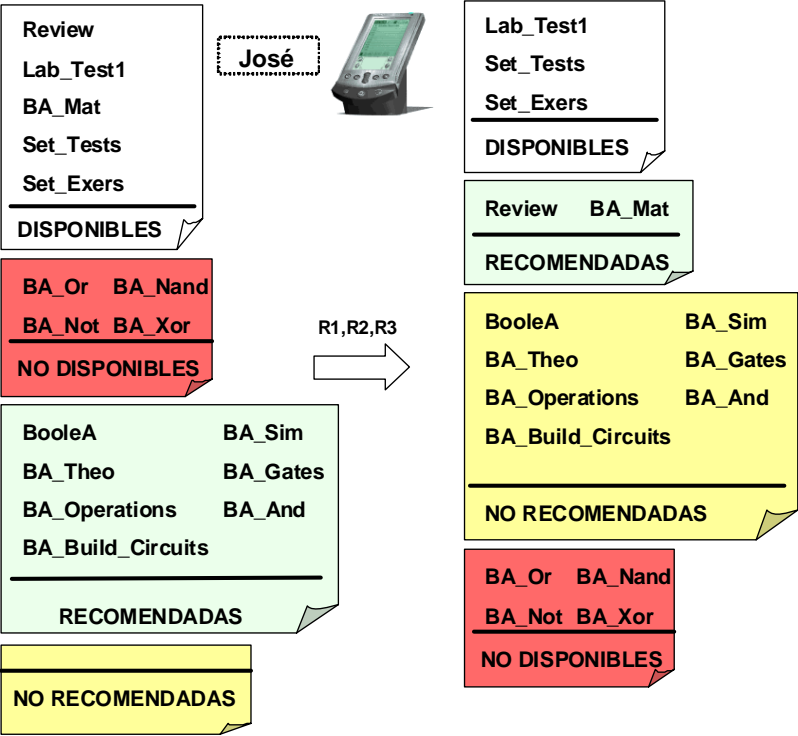


Figura 3.9. Recomendación al procesar los filtros generales de contexto para José

Por último, se comprueba si las actividades que se encuentran en la lista tienen requisitos particulares, y en el caso que los tengan, si éstos se satisfacen. Además de comprobar las condiciones de activación de las reglas de requisitos individuales, este paso comprueba que se cumplan requisitos implícitos de las actividades, como por ejemplo en el caso de actividades colaborativas síncronas que los compañeros del mismo grupo se encuentren conectados en el mismo instante de tiempo. La lista de actividades es actualizada y la salida final es el conjunto de actividades anotadas junto con su grado de recomendación para un usuario en un contexto específico.

En el caso concreto de los dos usuarios del ejemplo, si tenemos en cuenta las reglas de requisitos individuales definidas en la tabla 3.7, la actividad que propone el profesor a los alumnos de la asignatura en el laboratorio de prácticas (*Lab_Test1*) no la podrán realizar, ya que ambos se encuentran viajando de la universidad a casa (regla ① de la tabla 3.7). Por este motivo, esta actividad pasa a estado no disponible para ambos usuarios (ver figuras 3.10 y 3.11). Además, en el caso de José, la actividad *BA_Build_Circuits* y la actividad *BA_Operations*, que estaban marcadas como no recomendadas, pasarán a estado no disponible ya que existen requisitos específicos para poder realizar dichas actividades (expresados en reglas ② y ③ de la tabla 3.7) y José no los cumple. Las anotaciones para las actividades relacionadas con José tras pasar por este filtro se pueden ver en la figura 3.11.

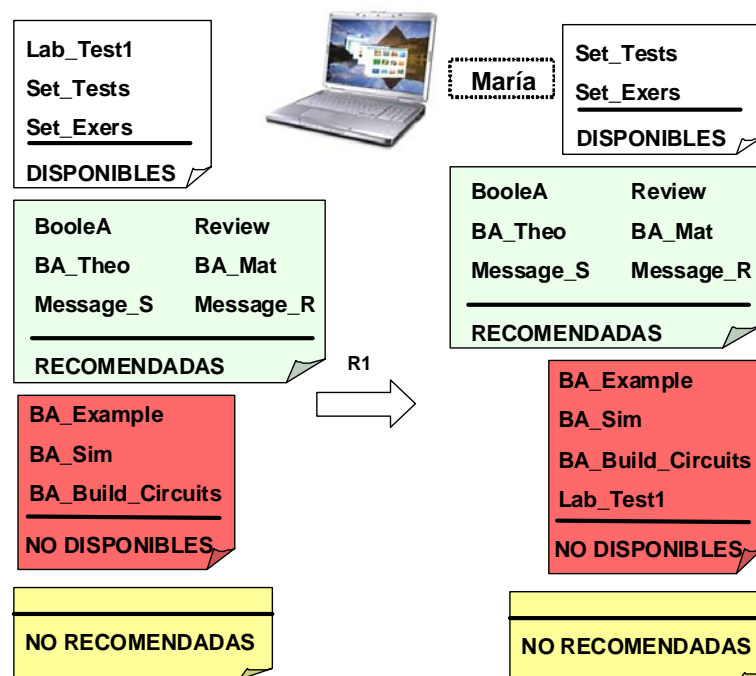


Figura 3.10. Recomendación después de procesar los requisitos individuales para María

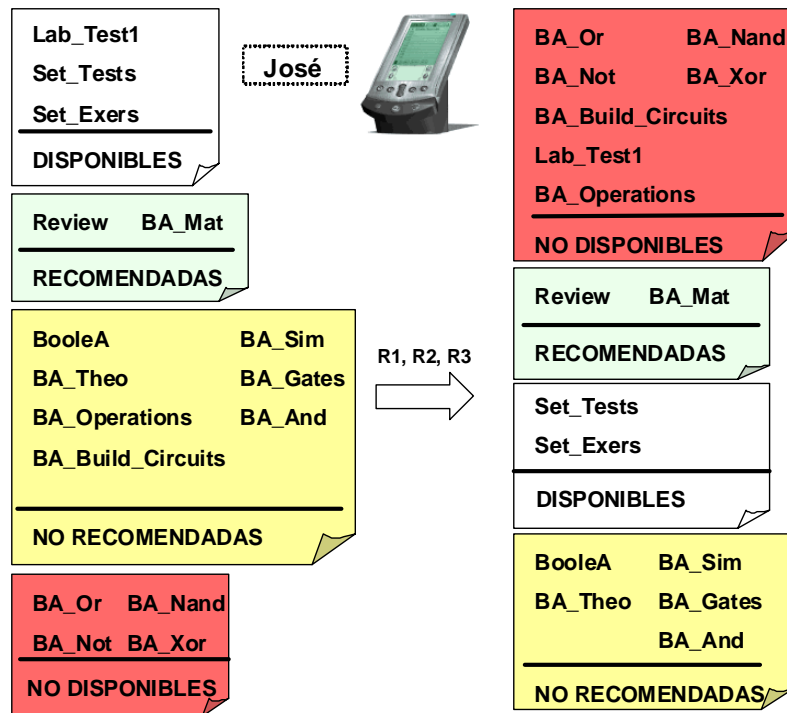


Figura 3.11. Recomendación después de procesar los requisitos individuales para José

Una vez procesadas todas las reglas de adaptación, en la segunda fase del proceso de recomendación, el mecanismo comprueba si existen actividades en estado disponible que no estén marcadas como recomendadas ni como no recomendadas. Si es así, se procede a averiguar si se pueden refinar estas recomendaciones fijándose en las acciones previas de otros usuarios con rasgos similares cuando estaban en los mismos contextos. Para ello, primero se clasifica al usuario según sus características personales y el contexto en el que se encuentra. A continuación, obtiene el grafo de recorridos de actividades con las acciones realizadas por otros usuarios pertenecientes a la misma clasificación. Una vez obtenido el grafo de actividades, teniendo en cuenta la última actividad realizada por el usuario y en función de las acciones previas de usuarios similares se realiza la correspondiente recomendación.

En el caso de los usuarios María y José, las actividades *Set_Tests* y *Set_Exers* se encuentran en estado disponible. Por tanto, se considera la posibilidad de refinar el estado de recomendación de estas actividades basándose en los recorridos de actividades de usuarios similares. Utilizando la información sobre los recorridos de actividades de usuarios de clase 1 y 2 presentada en los grafos de las figuras 3.2 y 3.3, ninguna de estas dos actividades cambiaría su estado, ya que los usuarios con características similares realizaron estas actividades después de realizar otras que todavía no han sido realizadas por María ni José. Sin embargo, si María hubiese realizado la actividad *BA_Gates*, esta fase marcaría *Set_Tests* como actividad recomendada, ya que el 75% de los usuarios con características similares realizará esta actividad a continuación de *BA_Gates*. En este mismo caso, no se

recomendaría especialmente la actividad *Set_Exers*, ya que sólo un 25% de los usuarios la realizó después de *BA_Gates*. Esta última actividad, *Set_Exers*, sólo sería recomendada cuando el usuario hubiera realizado la actividad *Set_Tests*, puesto que la mayoría de los usuarios realiza estas dos actividades en dicho orden.

El listado final anotado con las recomendaciones realizadas durante las dos fases del mecanismo (recomendación basada en reglas y recomendación basada en acciones de otros usuarios) se envía al generador de espacios de trabajo, que genera las páginas a presentar a los usuarios en cada caso. A la hora de crear una página, el generador comprueba si los contenidos asociados a cada una de las actividades del listado se encuentran disponibles para el dispositivo utilizado por el usuario y para su estilo de aprendizaje (en caso de estar definido). Si no existen los contenidos de una actividad anotada como recomendada o disponible para el dispositivo que se está utilizando, la anotación de la actividad se modifica y pasa a ser no recomendada, ya que los contenidos pueden no visualizarse correctamente. En cualquier caso, para dar soporte a la realización de la actividad seleccionada por el usuario, el generador de espacios de trabajo selecciona, de entre los contenidos asociados a una actividad (si hubiese varias versiones disponibles), los más adecuados para el tipo de usuario y el contexto en el que se encuentra, y compone la página a mostrar al usuario.

En el caso de actividades colaborativas, este generador de espacios de trabajo es el encargado de procesar las reglas de adaptación asociadas a estas actividades para seleccionar el enunciado de la actividad a realizar y el conjunto de herramientas más apropiadas para el desarrollo de dicha actividad.

En el ejemplo que nos ocupa, ninguno de los dos usuarios tiene recomendada la actividad *BA_Build_Circuits*. Cuando uno de los usuarios tenga marcada esta actividad como recomendada, el filtro de contenidos generará el espacio de trabajo más adecuado procesando las reglas de espacios de trabajo colaborativos y las reglas de herramientas. En el caso de María, que tiene nivel de conocimientos avanzados y estilo de aprendizaje visual, el espacio de trabajo generado contendrá el enunciado *CircuitsAv* (se activa la regla ② de la tabla 3.8) junto con un editor gráfico colaborativo como herramienta principal (regla ② de la tabla 3.9). Sin embargo el espacio de trabajo generado para José, que es un usuario con estilo de aprendizaje verbal con conocimientos previos básicos, incluirá como enunciado de la actividad *CircuitsBas* (regla ① de la tabla 3.8). Además se le proporcionará un editor de texto colaborativo en la interfaz principal (regla de herramientas ③ de la tabla 3.9). Por último, a ambos usuarios se les ofrecerá un cliente de correo electrónico, un *chat* y un foro como herramientas adicionales en la interfaz secundaria (regla ① de la tabla 3.9).

Para finalizar este capítulo, la siguiente sección presenta la serie de ayudas para la creación y configuración de entornos adaptativos móviles, ofrecidas a los autores de este

tipo de entornos con el objetivo de reducir el tiempo y el esfuerzo empleado durante el proceso de creación de los mismos.

3.4. Ayudas para la creación de entornos adaptativos móviles

La creación y diseño de entornos adaptativos móviles basados en el contexto es una labor complicada, incluso para personas con conocimientos técnicos. En los entornos propuestos en esta memoria se recomiendan las actividades individuales o colaborativas más apropiadas para ser realizadas por los usuarios en función de sus características personales, sus acciones previas y el contexto en que se encuentren en el momento de la recomendación. Esto implica la necesidad de especificar diferentes tipos de actividades, crear distintas versiones de contenidos para cada una de ellas, definir rasgos y criterios de adaptación que se tendrán en cuenta durante el proceso de recomendación, y gestionar información sobre usuarios y grupos para poder ofrecer estas recomendaciones. Todas estas tareas requieren tiempo y esfuerzo por parte del diseñador, autor o responsable del entorno.

Por tanto, es necesario ofrecer a los autores soluciones que oculten los detalles de bajo nivel y darles la posibilidad de crear y reutilizar elementos definidos previamente para crear nuevos entornos de recomendación. Así no necesitarán conocer detalles técnicos ni empezar con la creación de un nuevo entorno desde cero, sino que tendrán la ventaja de poder incorporar elementos ya definidos (tipos de actividades, rasgos a considerar, criterios de adaptación, contenidos, herramientas, etc.), reduciéndose así el tiempo empleado en el proceso de creación de estos entornos.

Con este objetivo, se propuso la segunda fase del mecanismo de recomendación de actividades, basada en las acciones previas de otros usuarios, para reducir la necesidad de especificar criterios de recomendación basados en reglas. De esta manera, los diseñadores pueden incluso no especificar ningún tipo de regla y dejar que el mecanismo recomiende sólo en función de las acciones de otros usuarios.

Además, se ha desarrollado otra serie de ayudas o facilidades para la creación de estos entornos de recomendación:

- Reutilización de actividades previamente definidas, contenidos, herramientas, rasgos para la adaptación y criterios de recomendación en distintas partes de un entorno y en distintos entornos.
- Uso de rasgos o atributos predefinidos para la recomendación de actividades y la adaptación de espacios de trabajo.
- Utilización de criterios generales de recomendación y adaptación predefinidos.

- Configuración de entornos mediante la selección de los tipos de filtros a utilizar para las recomendaciones.
- Selección de herramientas colaborativas disponibles para ser utilizadas y combinadas en distintos espacios de trabajo
- Creación y configuración de editores colaborativos gráficos específicos para dar soporte a la realización de determinadas actividades colaborativas.

La especificación de las actividades, contenidos, herramientas colaborativas, reglas de adaptación y su organización de forma individual y separada, **facilita la reutilización y el mantenimiento** de los distintos elementos. Si la información se almacena de forma separada, los autores pueden añadir, modificar y borrar cualquiera de estos elementos de una forma fácil y sencilla. De esta manera, un autor podría utilizar contenidos multimedia previamente definidos anteriormente, reutilizar reglas de recomendación definidas para otras actividades, etc.

La utilización de **rasgos de adaptación** previamente definidos con sus valores correspondientes, también permite ahorrar tiempo en la fase de diseño. De esta manera, el autor puede incluir estos rasgos en el nuevo entorno y utilizarlos directamente en las reglas de recomendación que defina para dicho entorno. También puede partir de rasgos predefinidos y modificar, por ejemplo, sus posibles valores. Por ejemplo, es útil tener definidos y poder seleccionar atributos de contexto utilizados habitualmente para las recomendaciones, como el dispositivo utilizado, o características personales del usuario como su estilo de aprendizaje.

Para facilitar la configuración de los filtros generales de contexto, se ha definido un **conjunto de criterios generales de recomendación**, basados en reglas de contexto que se ofrecerán a los creadores de este tipo de entornos. Estas reglas pueden modificarse de acuerdo a las características de las actividades, del entorno donde se estén utilizando y de las posibilidades de recomendación que quiera considerar el creador del entorno. En la tabla 3.10 se muestran algunos de los filtros generales de contexto definidos por omisión para su uso en entornos de aprendizaje móvil. Como se puede observar, estas cuatro reglas tienen en cuenta distintos aspectos para la recomendación. La primera especifica que si los estudiantes están utilizando una PDA o un teléfono, actividades de tipo mensaje, repaso y ejercicios tipo *test* estarán recomendadas. La segunda indica que las actividades de tipo mensaje, repaso y ejercicios de tipo test serán recomendadas cuando el estudiante tenga poco tiempo disponible (exactamente menos de diez minutos). Por último, la tercera y cuarta regla indican que las actividades teóricas, colaborativas, los ejercicios de respuesta libre y las simulaciones no se recomendarán a los estudiantes activos que dispongan de menos de diez minutos y tampoco a los estudiantes reflexivos que tengan menos de veinte minutos.

Tabla 3.10. Filtros generales de contexto definidos por omisión

Id	Condición de Activación	Rec.	Tipo
①	(dispositivo = pda) O (dispositivo = telefono)	-	Mensajes Repaso Material Test
②	(tiempo<10)	-	Mensajes Repaso Material Test
③	(estilo_aprendizaje=activo) Y (tiempo<10)	Not	Teoría Simulación Colaborativas Ejer_Libre
④	(estilo_aprendizaje=reflexivo) Y (tiempo<20)	Not	Teoría Simulación Colaborativas Ejer_Libre

Dependiendo del contexto en el que se apliquen estos criterios generales, las condiciones de activación de las reglas de contexto definidas por omisión ofrecidas podrían variar. Por ejemplo, las actividades de tipo simulación pueden considerarse largas en determinados entornos (por ejemplo, si se trata de simulaciones del funcionamiento de sistemas complejos) y considerarse triviales en otros (por ejemplo, si reflejan el funcionamiento de puertas lógicas). En estos casos, el creador del entorno es el responsable de ajustar estos criterios generales dependiendo de la propia naturaleza de las actividades. Además, también se puede optar por no tener en cuenta alguna de las características que formen parte de las condiciones de activación de dichas reglas. En este caso, los filtros generales de contexto deberán actualizarse de acuerdo a los rasgos definidos y considerados para las recomendaciones en el nuevo entorno.

También se consideró útil que los diseñadores pudiesen **definir y configurar el tipo de entorno deseado seleccionando los tipos de filtros a utilizar para realizar las recomendaciones**.

Imaginemos que un autor quiere proponer actividades simples, que no se descomponen en subactividades, y además, los estudiantes las deberán realizar de forma individual. En este caso, el autor no necesita utilizar/definir filtros basados en relaciones estructurales, ni la generación espacios de trabajo colaborativos, ya que todas las actividades serán atómicas y de realización individual. Si el diseñador ha optado por utilizar los criterios generales de adaptación facilitados y además alguna de las actividades tiene restricciones individuales de realización, bastará con considerar los dos últimos filtros para el proceso de recomendación de actividades (ver figura 3.12). Sin embargo, si ninguna de las actividades tiene requisitos individuales de realización, bastará con considerar únicamente el filtro general del contexto donde se procesan las reglas generales de contexto. Además, en este caso, si se desea añadir de manera complementaria el módulo que ofrece recomendaciones basadas en acciones previas de otros usuarios, se tendría un sistema como el representado en el gráfico de la figura 3.13. Otra posible situación sería cuando el autor quiere incluir actividades simples y compuestas, que no tienen requisitos individuales de realización, y proponerlas en distintos momentos, incluyendo dependencias entre ellas; y también desea realizar una recomendación basada en el tipo de las actividades y en el contexto del usuario utilizando los criterios generales que se ofrecen. En este caso, el autor deberá elegir el filtro estructural y el filtro general del contexto (ver figura 3.14).

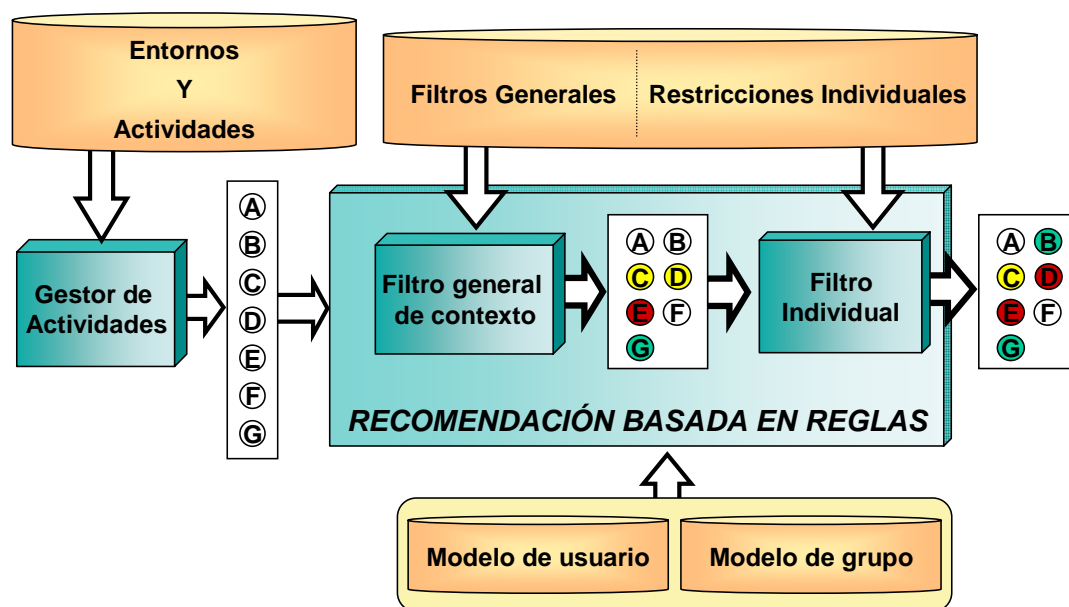


Figura 3.12. Primer ejemplo de configuración de un entorno adaptativo ubicuo

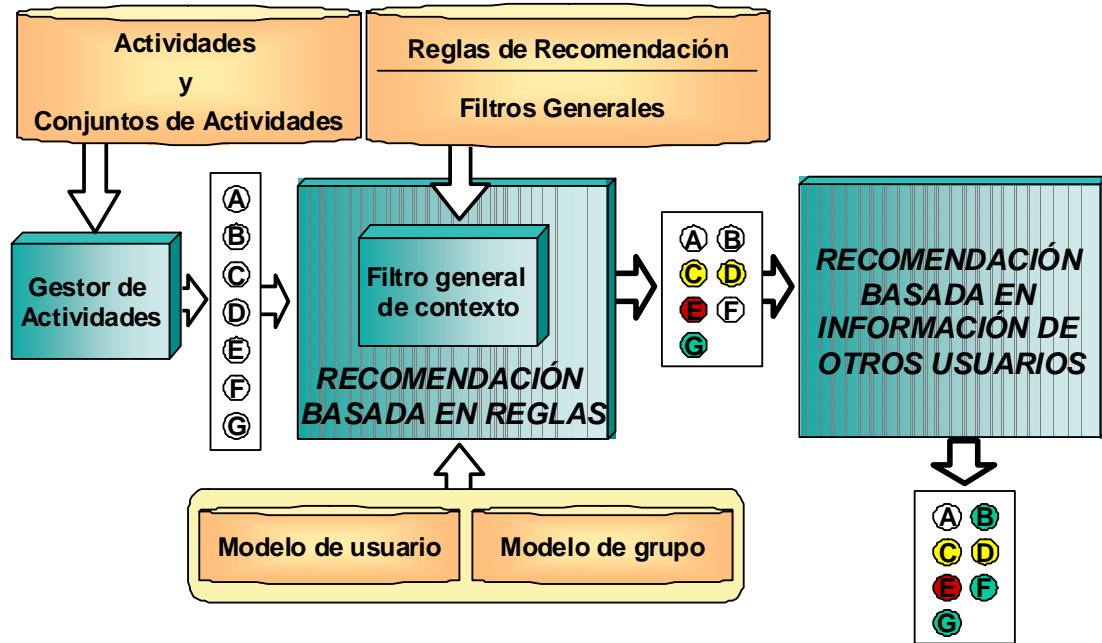


Figura 3.13. Segundo ejemplo de configuración de un entorno adaptativo ubicuo

Como se puede observar, el autor podría configurar el tipo de entorno adaptativo ubicuo que más se adecuara a sus necesidades realizando cualquier combinación de filtros para ofrecer la recomendación deseada sin necesidad de utilizar todos los filtros ni definir todos los tipos de reglas de adaptación.

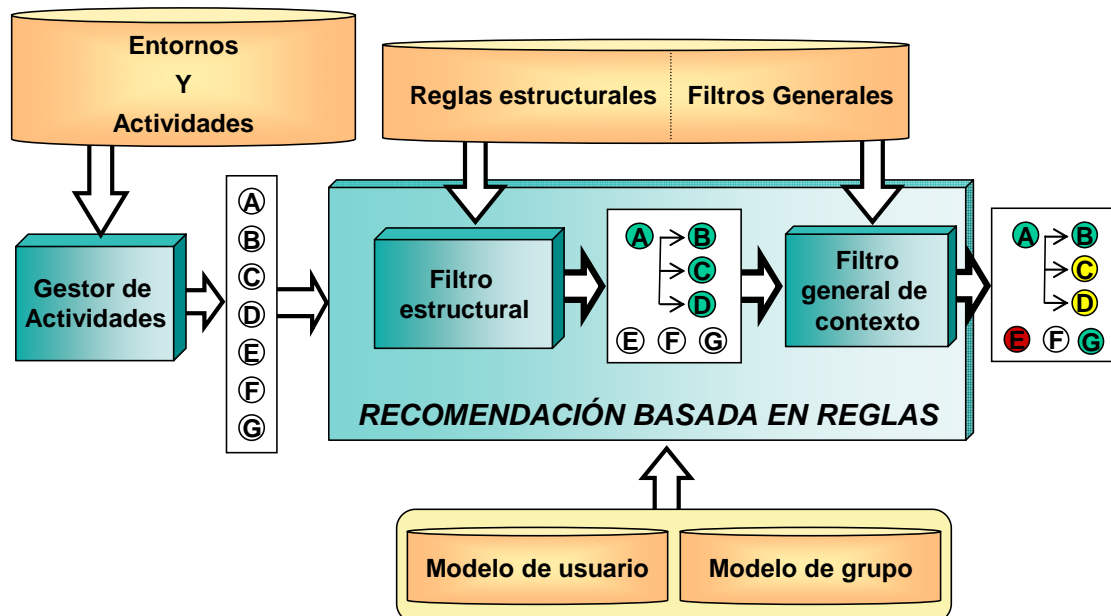


Figura 3.14. Tercer ejemplo de configuración de un entorno adaptativo ubicuo

Para facilitar la creación de espacios de trabajo colaborativos, se ofrece la posibilidad de seleccionar herramientas colaborativas de entre un conjunto de herramientas existentes. Estas herramientas están basadas en el servidor Corona [Shim97] y en el conjunto de herramientas para trabajo colaborativo PHPProjekt [PHPProjekt], que han sido separadas para su combinación en los distintos espacios de trabajo a generar. En la figura 3.15 se pueden ver algunas de las herramientas ofrecidas.

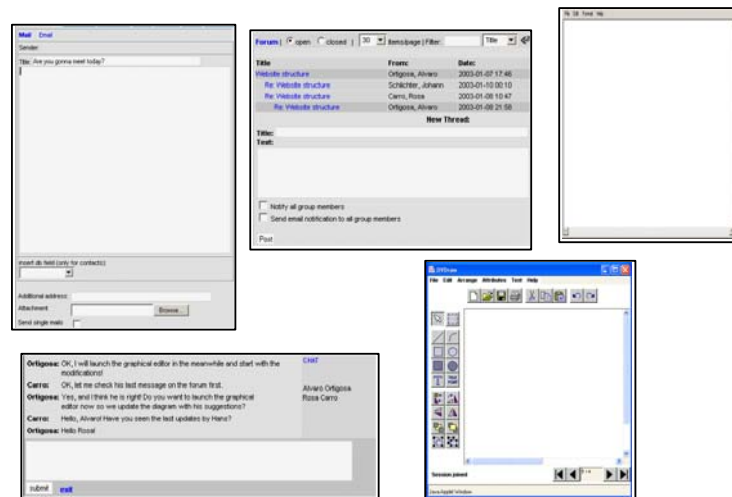


Figura 3.15. Algunas herramientas colaborativas ofrecidas para la creación de espacios de trabajo

Por último, disponer de un conjunto de herramientas colaborativas a veces no es suficiente. Los diseñadores pueden necesitar herramientas específicas que permitan la realización de determinadas actividades. Actualmente existen algunas aplicaciones con editores gráficos colaborativos complejos, que ofrecen un conjunto de elementos e iconos que puede resultar demasiado extenso para la realización de algunas actividades. Los usuarios pueden pasar demasiado tiempo buscando los elementos e iconos más útiles para representar la solución a un problema, por ejemplo, en el documento que editan colaborativamente cuando realizan una determinada actividad. En este caso, sería útil poder **definir editores gráficos colaborativos adaptados** a la actividad concreta a resolver, de tal manera que los usuarios tuvieran a su disposición un conjunto determinado de iconos que incluyese todos los elementos necesarios para la realización de una actividad o representación de una solución, y sólo esos. De esta manera, el usuario final no perderá tiempo en la búsqueda de elementos o iconos apropiados. Esta propuesta incluye la funcionalidad necesaria para crear editores gráficos colaborativos configurados según las necesidades particulares de cada actividad. Al configurar un editor de este tipo, es posible elegir los iconos que los alumnos podrán utilizar para representar la solución al problema propuesto [Martín08]. La herramienta implementada para permitir la creación y configuración de estos editores gráficos se describe en la sección 4.2.1 de esta memoria.

CAPÍTULO 4:

Implementación

Con el objetivo de llevar a la práctica el mecanismo de recomendación propuesto en el capítulo anterior, se ha diseñado e implementado un sistema que da soporte a entornos de recomendación y realización de actividades individuales y colaborativas a los que los usuarios se conectan a través de un navegador Web utilizando distintos dispositivos. Este sistema se llama **CoMoLE** (“*Context-based adaptive Mobile Learning Environment*”).

CoMoLE da soporte a la recomendación de distintas actividades de acuerdo a las necesidades de cada uno de los usuarios y del contexto en el que se encuentren en el momento de la recomendación, así como a la generación de espacios de trabajo para la realización de dichas actividades. Tanto la recomendación de las actividades como la selección de contenidos y herramientas a incluir en los espacios de trabajo, se realizan dinámicamente a partir de la información almacenada y gestionada por CoMoLE sobre entornos, usuarios, grupos, actividades, conjuntos de actividades, contenidos, herramientas, reglas de adaptación, y acciones realizadas por otros usuarios previamente. CoMoLE guía a los usuarios a través de las actividades, ofreciendo en cada paso recomendaciones sobre cuáles son las más adecuadas para realizar, realizando un seguimiento de sus acciones mientras interactúan con el entorno. Este sistema se ha utilizado para la generación de entornos de aprendizaje móvil para la enseñanza, campo en el que se ha aplicado la propuesta, aunque se ha implementado de forma genérica para dar soporte a la creación de entornos donde la clave reside en recomendar actividades y generar espacios de trabajo a usuarios y grupos que interactúan entre sí en distintos contextos, siendo aplicable también al mundo empresarial, por ejemplo.

Para facilitar la creación, configuración y almacenamiento de la información de los distintos elementos de este entorno, se ha desarrollado una herramienta de autor que permite a los profesores o diseñadores de este tipo de entornos realizar estas labores de una forma sencilla. Además, esta herramienta incluye la posibilidad de elegir los rasgos a considerar para las recomendaciones de entre un conjunto de atributos y valores previamente definidos, y seleccionar filtros y reglas de adaptación ofrecidas por omisión. Por supuesto, también es posible configurar estos filtros, reglas y atributos. La implementación del sistema de recomendación consta de dos módulos principales. El primero de ellos se encarga de procesar las reglas definidas para cada uno de los filtros seleccionados por los autores del entorno (descritos en el capítulo anterior). El segundo, se basa en la información almacenada sobre las acciones de otros usuarios, y hace posible la realización de recomendaciones sin necesidad de especificar reglas de adaptación,

utilizando solamente la información almacenada en el entorno sobre el propio usuario y sobre las interacciones de otros usuarios con características similares en situaciones análogas. Finalmente, el generador de espacios de trabajo se encarga de componer las páginas mostradas a los usuarios, incluyendo información sobre las recomendaciones y seleccionando los contenidos y herramientas más apropiados para generar los espacios de trabajo a través de los cuales los usuarios realizan las actividades.

A continuación, se presentan los detalles de la implementación de CoMoLE, describiendo la información que necesita almacenar para realizar las recomendaciones, la arquitectura general del sistema y el funcionamiento del mismo. También se describe la herramienta de autor desarrollada y cómo se han implementado las ayudas ofrecidas a los creadores de este tipo de entornos.

4.1. Datos

Como se ha detallado en el capítulo anterior, para poder realizar la recomendación de las actividades más adecuadas para un determinado usuario en un momento específico, se necesita almacenar información sobre todos los elementos involucrados.

El entorno de aprendizaje móvil necesita conocer información sobre las actividades a realizar, contenidos y herramientas asociados, y reglas de adaptación. Además, necesita almacenar datos sobre las características personales de los usuarios y grupos de trabajo, las acciones que van realizando y su contexto en cada momento. En CoMoLE se diferencian cuatro tipos distintos de información: datos relacionados con el estudiante, incluyendo acciones realizadas previamente, datos sobre los grupos de trabajo, información sobre el conjunto de actividades del entorno junto con sus características comunes, e información sobre las propias actividades, distintas versiones de contenidos que se presentarán a los usuarios, herramientas colaborativas a utilizar para facilitar la realización e interacción en las actividades colaborativas, reglas y criterios de adaptación.

Toda esta información se encuentra almacenada en distintos ficheros XML, en función del elemento con el que se relaciona. Esto permite tanto la reutilización de los distintos elementos almacenados en los ficheros como el mantenimiento sencillo de la información almacenada en cada uno de ellos. Cada vez que se quiere realizar una nueva recomendación al estudiante, se consultará la información almacenada, actualizando los datos adecuadamente. En los siguientes apartados, establecidos según la organización de la información en los diferentes ficheros, se describe la estructura y el formato en que se almacenan todos estos datos.

4.1.1. Información de usuarios y grupos de trabajo

Durante la definición del modelo de usuario, la información sobre cada individuo se ha dividido, dependiendo de su estabilidad en el tiempo, en datos estáticos y dinámicos. Los datos estáticos están relacionados con datos personales y características personales que no varían (o varían muy poco) a lo largo del tiempo. Algunos ejemplos de datos personales son: nombre del usuario, dirección postal (incluyendo calle, distrito postal, ciudad, país), teléfonos, direcciones de correo electrónico, edad, idioma, nombre de usuario y clave, y entornos a los que tiene acceso. Como características personales se podrían incluir el idioma preferido, su edad, el nivel de conocimientos previo en la materia o sus estilos de aprendizaje. No es obligatorio almacenar toda esta información, basta con el nombre de usuario y su clave, la información sobre los entornos a los que tiene acceso y su dirección de correo electrónico.

En la figura 4.1 se muestra un ejemplo de los datos y características personales almacenados para el usuario “Jose Pérez”¹. Como se puede observar, se ha almacenado su nombre completo, dirección de correo electrónico, edad, idioma, estilos de aprendizaje (visual, secuencial, reflexivo y sensorial) y los entornos a los que tiene acceso. En este caso concreto, el usuario sólo tiene acceso al entorno de aprendizaje cuyo identificador es “EDI1”. La información de acceso del usuario al entorno se encuentra definida en el propio fichero: el nombre de usuario se utiliza también como nombre del fichero XML y la contraseña de acceso se almacena dentro del fichero.

```
- <user id="jose.perez" password="123456">
- <fullName>
  <name>jose</name>
  <surname>perez</surname>
</fullName>
- <eadress>
  <email>jose.perez@estudiante.uam.es</email>
</eadress>
  <age>18</age>
  <language>spanish</language>
- <courses>
  <course id="EDI1" location="" />
</courses>
  <LS visual="y" secuencial="y" active="n" sensitive="y" />
</user>
```

Figura 4.1. Ejemplo de datos y características personales almacenados para un usuario en el fichero jose.perez.xml

Mientras los usuarios interactúan con el entorno, se almacena información dinámica, como su contexto (dispositivo que está utilizando, tiempo que tiene disponible y lugar físico donde se encuentra), actividades que va realizando junto con los resultados obtenidos en cada una de ellas, y recomendación ofrecida por el entorno de aprendizaje en cada paso.

¹ Por motivos de privacidad, los nombres e identificadores de los usuarios han sido sustituidos por datos ficticios, siendo el resto de información real, tomada de usuarios que interactuaron con los entornos creados.

En la figura 4.2 se muestra parte de un ejemplo de la información almacenada sobre el usuario *jose.perez*. Cada vez que un estudiante se conecta al entorno se guarda la información sobre su contexto, ya que éste puede influir en el proceso de recomendación de actividades. En el ejemplo mostrado, se puede observar que *jose.perez* se conectó desde casa, usando su ordenador personal y disponiendo de una hora para la realización de actividades (ver información de contexto al principio del fichero).

```
<device>pc</device>
<Time>60</Time>
<location>home</location>
<Feedback id="AtomicosTeo" adecuacion="2" />
<Activity id="AtomicosTeo" ma="ED11" fIni="Thu Jun 05 21:45:13 CEST 2008" fFin="Thu Jun 05 21:48:22 CEST 2008" compuesta="n"
  finalizada="F" tipo="theory" nota="10.0" />
- <Tree>
- <Nodo id="LenguajeC" estado="2" nota="1.3333333333333333" cont="">
  <Nodo id="AtomicosEjem" padre="LenguajeC" estado="4" nota="10.0" cont="AtomicosEjem_def_def.htm" />
  <Nodo id="AtomicosTeo" padre="LenguajeC" estado="4" nota="10.0" cont="AtomicosTeo_verbal_pc.htm" />
- <Nodo id="Enum" padre="LenguajeC" estado="2" nota="0.0" cont="">
  <Nodo id="EnumEjem" padre="Enum" estado="4" nota="0.0" cont="enumejem_verbal_pc.htm" />
  <Nodo id="EnumTeo" padre="Enum" estado="2" nota="0.0" cont="" />
  <Nodo id="EnumTest1" padre="Enum" estado="0" nota="0.0" cont="" />
  <Nodo id="EnumTest2" padre="Enum" estado="0" nota="0.0" cont="" />
</Nodo>
<Nodo id="Operadores" padre="LenguajeC" estado="0" nota="0.0" cont="" />
<Nodo id="Condicionales" padre="LenguajeC" estado="0" nota="0.0" cont="" />
<Nodo id="Bucles" padre="LenguajeC" estado="0" nota="0.0" cont="" />
<Nodo id="ES" padre="LenguajeC" estado="0" nota="0.0" cont="" />
<Nodo id="Estructuras" padre="LenguajeC" estado="0" nota="0.0" cont="" />
<Nodo id="NuevosDatos" padre="LenguajeC" estado="0" nota="0.0" cont="" />
<Nodo id="Func" padre="LenguajeC" estado="0" nota="0.0" cont="" />
<Nodo id="PasoArgumentos" padre="LenguajeC" estado="0" nota="0.0" cont="" />
<Nodo id="Arrays" padre="LenguajeC" estado="0" nota="0.0" cont="" />
<Nodo id="Matrices" padre="LenguajeC" estado="0" nota="0.0" cont="" />
<Nodo id="Punteros" padre="LenguajeC" estado="0" nota="0.0" cont="" />
<Nodo id="Ultimo" padre="LenguajeC" estado="0" nota="0.0" cont="" />
</Nodo>
<Nodo id="RepasoCond" estado="0" nota="0.0" cont="" />
<Nodo id="RepasoBucles" estado="0" nota="0.0" cont="" />
<Nodo id="DoWhileTestRC" estado="0" nota="0.0" cont="" />
</Tree>
```

Figura 4.2. Ejemplo de la información dinámica almacenada para el usuario jose.perez

Además, cuando el usuario finaliza una actividad, el entorno almacena la recomendación que se realizó al usuario y los datos de la actividad realizada, dentro de la etiqueta <Activity>, incluyendo:

- Identificador de la actividad
- Identificador del entorno al que pertenece
- Fecha de inicio
- Fecha de finalización
- Tipo de actividad
- Si es una actividad simple o compuesta
- Nota obtenida
- Respuesta dada por el usuario, en el caso de actividades de tipo ejercicio

Además, toda la información sobre la recomendación realizada al usuario se guarda en forma de árbol, donde cada uno de los nodos del árbol almacena:

- Identificador de la actividad
- La actividad compuesta de la que forma parte, si existe (el padre del nodo en el árbol).
- Grado de recomendación de la actividad en ese momento, almacenado bajo la etiqueta <estado>. El estado puede ser: 4=realizada, 3=disponible, 2=recomendada, 1=no recomendada ó 0=no disponible .
- Nota obtenida. Esta nota puede ser definitiva si la actividad se ha realizado o parcial si todavía quedan subactividades por realizar, en el caso de actividades compuestas, donde se calcula en función de los resultados obtenidos en cada una de las subactividades.
- Contenidos multimedia y herramientas (si procede) que se seleccionaron para la generación del espacio de trabajo que se presentó al usuario cuando realizó la actividad.

En el ejemplo de la figura 4.2, las actividades “*AtomicosEjem*”, “*AtomicosTeo*” y “*EnumEjem*” se encuentran realizadas (estado=1). Las actividades “*LenguajeC*”, “*Enum*” y “*EnumTeo*” se encuentran recomendadas (estado=2). El resto de actividades no se encuentran disponibles debido a las características del usuario, a requisitos entre actividades o a su contexto actual. En el caso concreto de la actividad “*AtomicosTeo*” se puede observar que tiene como padre a la actividad “*LenguajeC*” y que se encuentra realizada (estado=4) con una nota de 10. Cuando el usuario realizó dicha actividad se mostró como contenido la información del fichero “*AtomicosTeo_verbal_pc.htm*”. También se puede observar que la actividad “*LenguajeC*” es una actividad compuesta que se encuentra recomendada y que tiene una nota parcial de 1.33 ya que todavía no se han realizado parte de las subactividades de las que se compone.

Para poder adaptar las actividades colaborativas a cada grupo (incluyendo el enunciado concreto de la actividad a desarrollar y las herramientas a ofrecer) es necesario almacenar información relacionada con el grupo de trabajo. Para ello, se ha creado un **modelo de grupo** que almacena información sobre los miembros que componen cada grupo, el listado de actividades a realizar por un determinado grupo, tiempo empleado en la realización de la actividad y resultados obtenidos (si corresponde), el rol de cada uno de los usuarios en las actividades asociadas al grupo, el estado de los miembros en cada actividad (si se encuentran listos para realizar la actividad o se encuentran pendientes de que un compañero les envíe algún tipo de material), así como sus opiniones en actividades previas realizadas colaborativamente, como se detalló en el apartado 3.2.1.

La figura 4.3 presenta un ejemplo de la información almacenada sobre un grupo de trabajo. Éste se encuentra formado por tres estudiantes que deben realizar dos actividades colaborativas cuyos identificadores son “*PilasCol*” y “*ColasCol*”. En la actividad “*PilasCol*”

los alumnos no tienen asignado ningún tipo de rol, mientras que en la actividad “*ColasCol*” el líder del grupo será el estudiante con identificador “*jose.perez*”.

```
- <group id="11">
- <actvs>
- <actv id="PilasCol" roles="n">
- <users>
  <user id="jose.perez" state="waiting" opinion="op_jose.perez.txt" />
  <user id="juan.lopez" state="ready" opinion="" />
  <user id="ana.martin" state="ready" opinion="" />
</users>
</actv>
- <actv id="ColasCol" roles="y">
  <rol leader="jose.perez" />
  <users>
    <user id="jose.perez" state="ready" opinion="" />
    <user id="juan.lopez" state="ready" opinion="" />
    <user id="ana.martin" state="ready" opinion="" />
  </users>
</actv>
</actvs>
</group>
```

Figura 4.3. Ejemplo de la información almacenada sobre un grupo de trabajo

4.1.2. Información del entorno

La información sobre cada **entorno** contiene características comunes a todo el conjunto de actividades que lo componen, así como las posibilidades de adaptación a las que se va a dar soporte, incluyendo:

- Filtros que se utilizarán para la recomendación de actividades basada en reglas de adaptación.
- Si se utilizará o no el módulo de recomendaciones basadas en acciones previas de otros usuarios.
- Listado de idiomas en los cuales se proporcionarán las descripciones de las actividades y se definirán los contenidos asociados a cada actividad.
- Descripciones del entorno en cada uno de los distintos idiomas a los que se dará soporte.
- Rasgos de adaptación que se van a tener en cuenta para realizar la recomendación de las actividades. Estos rasgos serán utilizados en las distintas reglas de adaptación. Por cada uno, se almacenará información sobre su nombre, tipo (n=numérico ó s=estereotipo), y nivel de prioridad que se utilizará cuando haya dos o más reglas de adaptación que se puedan aplicar con distintos criterios. Si el rasgo es numérico, se podrán definir sus valores mínimo y máximo. En el caso de estereotipos se definirán los posibles valores (al menos dos) que podrá tomar ese rasgo para cada estudiante.
- Características generales de los grupos de trabajo para las actividades colaborativas, incluyendo si la agrupación se realizará de forma automática y, en ese caso, el tamaño mínimo y máximo de los grupos de trabajo; y los roles posibles para los usuarios.

- Listado con los identificadores de las actividades que forman parte del entorno. Este listado no implica ninguna relación estructural entre actividades. Dentro de cada entorno pueden existir únicamente actividades atómicas o una combinación de atómicas y compuestas.

En la figura 4.4 se muestra un ejemplo de un fichero XML con la información del entorno creado como apoyo al estudio de la asignatura “Estructuras de Datos de la Información P”, de primero de Ingeniería Informática de la Universidad Autónoma de Madrid. En la parte izquierda de la figura, se puede ver que para este conjunto de actividades se tendrán en cuenta los tres tipos de adaptación que se pueden combinar en los entornos de aprendizaje a que da soporte CoMoLE: reglas estructurales, filtros generales de contexto y requisitos individuales (fStruct=”y”, fContext=”y” y fInd=”y” respectivamente), mientras que no se utilizará recomendación basada en acciones de otros usuarios (fActions=”n”). A continuación, en el fichero se indica el idioma en que se presentarán las actividades y contenidos (sólo en castellano) y la descripción del entorno (EDI1).

```

- <MetaActivity fStruct="y" fContext="y" fInd="y" fActions="n" roles="y">
- <languages>
  <language>spanish</language>
</languages>
- <descriptions>
  <spanish>EDI1</spanish>
</descriptions>
+ <Features>
- <Activities>
  <activity id="LenguajeC" />
  <activity id="AtomicosEjem" />
  <activity id="AtomicosTeo" />
  <activity id="Enum" />
  <activity id="Operadores" />
  <activity id="Condicionales" />
  <activity id="Bucles" />
  <activity id="ES" />
  <activity id="Estructuras" />
  <activity id="NuevosDatos" />
  <activity id="Func" />
  <activity id="PasoArgumentos" />
  <activity id="Arrays" />
  <activity id="Matrices" />
  <activity id="Punteros" />
  <activity id="Ultimo" />
</Activities>
<workgroups dynamic="yes" minsize="3" maxsize="4" />
</MetaActivity>

- <MetaActivity fStruct="y" fContext="y" fInd="y" fActions="n" roles="y">
+ <languages>
+ <descriptions>
- <Features>
  - <feature name="Visualverbal" pref="1" type="s">
    <value>visual</value>
    <value>verbal</value>
  </feature>
  - <feature name="Knowledge" pref="1" type="s">
    <value>novice</value>
    <value>advanced</value>
  </feature>
  - <feature name="Actvref" pref="1" type="s">
    <value>active</value>
    <value>reflective</value>
  </feature>
  - <feature name="SenInt" pref="1" type="s">
    <value>sensitive</value>
    <value>intuitive</value>
  </feature>
  - <feature name="device" pref="2" type="s">
    <value>pc</value>
    <value>pda</value>
    <value>laptop</value>
    <value>phone</value>
  </feature>
  - <feature name="place" pref="2" type="s">
    <value>home</value>
    <value>class</value>
    <value>lab</value>
    <value>others</value>
    <value>any</value>
  </feature>
  - <feature name="Time" pref="2" type="n">
    <minValue>1</minValue>
    <maxValue>1440</maxValue>
  </feature>
</Features>

```

Figura 4.4. Ejemplo de la información general sobre el entorno EDI1

Dentro de los rasgos a considerar con propósitos adaptativos, en este entorno se van a utilizar siete. Seis de ellos se basan en estereotipos: las cuatro dimensiones de los estilos de

aprendizaje (visual-verbal, activo-reflexivo, sensorial-intuitivo y secuencial-global), el dispositivo utilizado para conectarse al sistema (ordenadores personales, portátiles, PDAs o teléfonos móviles); y por último, el lugar donde se encuentran físicamente (clase, laboratorio de prácticas, casa u otros - si no se encuentran en ninguno de los lugares anteriores). El tiempo del que dispone el estudiante para realizar actividades (entre un minuto y un día) es el único atributo numérico en este entorno.

Tras los rasgos de adaptación considerados, en este fichero se especifica que los grupos de trabajo para las actividades colaborativas se constituirán automáticamente y que tendrán un tamaño comprendido entre tres y cuatro personas (todo ello asociado a la etiqueta Workgroups). Por último, en la parte derecha de la figura, se puede observar parte del listado con los identificadores de las actividades definidas dentro de este entorno.

4.1.3. Información de actividades, recursos y reglas de adaptación

Por cada una de las actividades que forman parte de un entorno, se almacena información de la **propia actividad** de forma independiente. Esta información contiene su identificador, tipo y descripciones en los distintos idiomas definidos en el entorno. Además, se puede guardar su fecha de finalización máxima o si existe un tiempo mínimo/máximo estimado de realización de la actividad (si procede), el modo en que se estructura en distintas subactividades, sus requisitos individuales de realización (si los tiene), cuáles son los contenidos asociados a la misma y, en el caso de actividades colaborativas, información sobre contenidos y herramientas para la generación de los espacios de trabajo colaborativos correspondientes.

Si la actividad es compuesta y está formada por varias subactividades, se almacena información sobre cómo se estructura dicha actividad en términos de **reglas estructurales** dentro del propio fichero de la actividad. Cada regla estructural expresa la manera en la que una actividad compuesta se descompone en otras más simples de acuerdo a una determinada condición. En el fichero de la actividad se almacena cuáles son las subactividades en que se divide en los distintos casos, a qué alumnos va dirigida cada una de las descomposiciones (indicado en la condición de activación), y cuál será la guía de navegación ofrecida entre dichas subactividades en cada caso (flexible o directa).

En la figura 4.5 se muestra la información de una actividad compuesta, cuyo identificador es “*LenguajeC*”. Esta actividad tiene asociadas dos reglas estructurales de adaptación (etiqueta **r-Structs** en el XML) que indican dos formas distintas de dividir dicha actividad. Tanto las subactividades que realizarán los alumnos (**sact**) como la guía de navegación ofrecida entre ellas (atributo **ord** de cada regla identificada con **rSt**), son las mismas en cada una de estas dos reglas. Los estudiantes deberán realizar las subactividades

en el orden en que aparecen en la regla (ord="A"). Pero las subactividades aparecen listadas en distinto orden, dependiendo de la dimensión sensorial-intuitivo de su estilo de aprendizaje, incluida como condición en las reglas (cond). A los estudiantes sensoriales, se les propondrán primero las actividades de tipo ejemplo seguidas de las actividades teóricas (regla con id="1" de la figura 4.5). Sin embargo, a los estudiantes intuitivos se les recomendará las subactividades en orden inverso (regla con id="2" de la figura 4.5).

```

- <Activity id="LenguajeC" type="set">
- <descriptions>
  <spanish>Lenguaje C</spanish>
</descriptions>
- <rStructs>
- <rSt id="1" ord="A">
  - <cond type="s">
    <name>SenInt</name>
    <op>=</op>
    <value>sensitive</value>
  </cond>
  <sact fsact="AtomicosEjem" />
  <sact fsact="AtomicosTeo" />
  <sact fsact="Enum" />
  <sact fsact="Operadores" />
  <sact fsact="Condicionales" />
  <sact fsact="Bucles" />
  <sact fsact="ES" />
  <sact fsact="Estructuras" />
  <sact fsact="NuevosDatos" />
  <sact fsact="Func" />
  <sact fsact="PasoArgumentos" />
  <sact fsact="Arrays" />
  <sact fsact="Matrices" />
  <sact fsact="Punteros" />
  <sact fsact="Ultimo" />
  </rSt>
+ <rSt id="2" ord="A">
  </rSt>
</rStructs>
</Activity>

- <Activity id="LenguajeC" type="set">
- <descriptions>
  <spanish>Lenguaje C</spanish>
</descriptions>
- <rStructs>
+ <rSt id="1" ord="A">
- <rSt id="2" ord="A">
  - <cond type="s">
    <name>SenInt</name>
    <op>=</op>
    <value>intuitive</value>
  </cond>
  <sact fsact="AtomicosTeo" />
  <sact fsact="AtomicosEjem" />
  <sact fsact="Enum" />
  <sact fsact="Operadores" />
  <sact fsact="Condicionales" />
  <sact fsact="Bucles" />
  <sact fsact="ES" />
  <sact fsact="Estructuras" />
  <sact fsact="NuevosDatos" />
  <sact fsact="Func" />
  <sact fsact="PasoArgumentos" />
  <sact fsact="Arrays" />
  <sact fsact="Matrices" />
  <sact fsact="Punteros" />
  <sact fsact="Ultimo" />
  </rSt>
</rStructs>
</Activity>

```

Figura 4.5. Ejemplo de una actividad compuesta

Además, las actividades, tanto simples como compuestas, pueden tener definidos requisitos individuales de realización, expresados mediante **reglas de requisitos individuales**.

En la figura 4.6 se muestra un ejemplo de una actividad de repaso, cuyo identificador es “*RepasoCond*”. Esta actividad tiene asociadas tanto reglas estructurales (por estar compuesta de subactividades) como individuales. La restricción individual definida está relacionada con los resultados obtenidos en una actividad previa cuyo identificador es “*Condicionales*” (ver <cond type="nota"> en la parte derecha de la figura 4.6). Si el alumno ha obtenido una calificación inferior a 8.0 en la actividad “*Condicionales*”, la actividad “*RepasoCond*” le será recomendada.

```

- <Activity id="RepasoCond" type="review">
+ <descriptions>
- <rStructs>
- <rSt id="1" ord="Y">
- <compcond op="A">
- <cond type="s">
  <name>Activref</name>
  <op>=</op>
  <value>active</value>
</cond>
- <cond type="n">
  <name>Time</name>
  <op><=</op>
  <value>10</value>
</cond>
</compcond>
<sact fsact="CondReview" />
<sact fsact="IfEjemRC" />
<sact fsact="SwitchEjemRC" />
</rSt>
- <rSt id="2" ord="Y">
- <cond type="n">
  <name>Time</name>
  <op>></op>
  <value>10</value>
</cond>
<sact fsact="CondReview" />
<sact fsact="IfEjemRC" />
<sact fsact="IfTestRC" />
<sact fsact="SwitchEjemRC" />
<sact fsact="SwitchRptaLibre1RC" />
<sact fsact="SwitchRptaLibre2RC" />
</rSt>
</rStructs>
+ <rInds>
</Activity>

- <Activity id="RepasoCond" type="review">
- <descriptions>
  <spanish>Repaso de condicionales</spanish>
</descriptions>
+ <rStructs>
- <rInds>
- <rInd id="1">
- <cond type="nota">
  <name>Condicionales</name>
  <op><</op>
  <value>8.0</value>
</cond>
</rInd>
</rInds>
</Activity>

```

Figura 4.6. Ejemplo de una actividad compuesta con requisitos individuales de realización

Si se cumple la restricción de realización (nota inferior a 8.0), se procesarán las reglas estructurales definidas para dicha actividad (rStructs en la parte izquierda de la figura 4.6). La primera regla (rSt id="1") indica que la actividad estará disponible para estudiantes con estilo de aprendizaje activo y con un tiempo disponible inferior o igual a diez minutos, y en ese caso la actividad se estructurará en tres subactividades: un resumen con la teoría de condicionales ("CondReview") y dos actividades de ejemplo, una con ejemplos en los que se utiliza la sentencia "if" y otra con ejemplos de uso de la sentencia "switch". La segunda regla (rSt id="2") indica que para cualquier estudiante que tenga más de diez minutos disponibles, la actividad "RepasoCond" se dividirá en las mismas subactividades que se indicaban en la anterior regla estructural junto con otros cuatro ejercicios relacionados con el uso de sentencias condicionales. A los estudiantes reflexivos con menos de diez minutos disponibles, no se les recomendará ninguna subactividad, ya que no se cumple ninguna de las condiciones de activación de las reglas estructurales definidas para "RepasoCond".

Al mismo tiempo, cada actividad puede tener asociados varios **contenidos multimedia**. Si se quieren adaptar los contenidos presentados en una actividad al dispositivo utilizado por los alumnos, es necesario almacenar información sobre qué ficheros serán los que se utilicen a la hora de generar la página de contenidos presentada al

usuario en cada caso. También se pueden tener en cuenta características personales de los alumnos, desarrollando distintas versiones de contenidos para cada uno de los posibles valores de los rasgos que se quieren considerar.

En la figura 4.7 se muestra un ejemplo de una actividad atómica de tipo teórico cuyo identificador es “*SwitchTeo*”. Esta actividad tiene asociadas distintas versiones de contenidos, de entre las cuales se seleccionará la más apropiada en función tanto del dispositivo utilizado por el alumno como de la dimensión visual-verbal de su estilo de aprendizaje. Por ejemplo, a estudiantes que se conecten a través de un ordenador personal y que tengan un estilo de aprendizaje verbal, se les mostrarán los contenidos del fichero “*switchteo_verbal_pc.htm*”. A estudiantes utilizando el mismo dispositivo que tengan estilo de aprendizaje visual, se les mostrarán los contenidos almacenados en el fichero “*switchteo_visual_pc.htm*”. A los estudiantes que utilicen PDAs para llevar a cabo esta actividad se les mostrarán los contenidos adecuados al tamaño de las pantallas de sus dispositivos, que también serán diferentes en función de su estilo de aprendizaje. Los contenidos de los ficheros “*switchteo_verbal_pda_1.htm*”, “*switchteo_verbal_pda_2.htm*” y “*switchteo_verbal_pda_3.htm*” se mostrarán en orden secuencial a los estudiantes verbales, mientras que a los usuarios visuales se les presentarán los contenidos almacenados en los ficheros “*switchteo_visual_pda_1.htm*”, “*switchteo_visual_pda_2.htm*” y “*switchteo_visual_pda_3.htm*”.

```
- <Activity id="SwitchTeo" type="theory">
- <descriptions>
  <spanish>Switch. Teoria</spanish>
</descriptions>
- <contents>
- <content dis="pc">
- <verbal>
  <loc>switchteo_verbal_pc.htm</loc>
</verbal>
- <visual>
  <loc>switchteo_visual_pc.htm</loc>
</visual>
</content>
- <content dis="pda">
- <verbal>
  <loc>switchteo_verbal_pda_1.htm</loc>
  <loc>switchteo_verbal_pda_2.htm</loc>
  <loc>switchteo_verbal_pda_3.htm</loc>
</verbal>
- <visual>
  <loc>switchteo_visual_pda_1.htm</loc>
  <loc>switchteo_visual_pda_2.htm</loc>
  <loc>switchteo_visual_pda_3.htm</loc>
</visual>
</content>
</contents>
</Activity>
```

Figura 4.7. Ejemplo de una actividad con distintas versiones de contenidos

Por último, las actividades colaborativas tendrán asociados recursos para facilitar tanto la interacción entre los miembros de los grupos de trabajo como la realización de la propia actividad. Como se expuso en la sección anterior, estos recursos se encuentran definidos mediante otros dos tipos de reglas de adaptación: **reglas de espacios de trabajo colaborativos** y **reglas de herramientas colaborativas**.

En la figura 4.8 se muestra la información almacenada de una actividad colaborativa sobre la estructura de datos pila (“*PilasCol*”). Esta actividad deberá realizarse sólo cuando el estudiante esté trabajando con un ordenador personal (existe una restricción individual de realización, ver etiqueta *rInds* en el fichero de esta actividad colaborativa). Además, para definir los espacios de trabajo colaborativos que se generarán cuando los estudiantes realicen dicha actividad, se especifica una única regla (ver *rInd id=“1”* en la figura 4.8). Dicha regla no tiene ninguna condición de activación asociada y por tanto se aplicará por igual a todos los estudiantes. En ella se indica que habrá un único enunciado para la actividad, almacenado en el fichero “*pilascol_def_pc.htm*”, y que el conjunto de herramientas colaborativas que facilitarán su realización es “*s1*”.

```
- <Activity id="PilasCol" type="collaborative">
- <descriptions>
  <spanish>Actividad colaborativa sobre pilas</spanish>
</descriptions>
<place>any</place>
- <workspaces>
- <rworkspace>
  - <statement dis="pc">
    <loc>pilascol_def_pc.htm</loc>
    </statement>
    <set id="s1" />
  </rworkspace>
</workspaces>
- <rInds>
- <rInd id="1">
  - <cond type="s">
    <name>device</name>
    <op>=</op>
    <value>pc</value>
  </cond>
</rInd>
</rInds>
</Activity>
```

Figura 4.8. Ejemplo de la información almacenada para una actividad colaborativa

En cada entorno existe un fichero con información sobre las herramientas colaborativas disponibles para ser utilizadas para la realización de actividades colaborativas. Estas herramientas se pueden organizar en conjuntos a mostrar en la interfaz del usuario. En la figura 4.9 se muestran las herramientas elegidas para dar soporte a la realización de la actividad colaborativa mostrada en la figura 4.8. La primera regla, que no tiene condición de activación, indica que el conjunto “*s1*” estará formado por el conjunto de herramientas “*m1*”, a mostrar en la interfaz principal del espacio de trabajo colaborativo, y un conjunto de herramientas adicionales que también estarán accesibles a través de una interfaz

secundaria (“*ad1*”). Las dos reglas siguientes (<rCollTool id=“2”> e <rCollTool id=“3”>) diferencian las herramientas a mostrar en la interfaz principal (“*m1*”) dependiendo del estilo de aprendizaje de los alumnos. A los estudiantes con estilo de aprendizaje visual se les ofrecerá un editor gráfico colaborativo (graphicalEd), mientras que a los alumnos con estilo de aprendizaje verbal se les suministrará un editor de texto (textEd). En cuanto a las herramientas adicionales (regla <rCollTool id=“4”>), se ofrecerá a todos los usuarios un *chat* y la posibilidad de enviar mensajes de correo electrónico. De este modo queda especificado cómo se generarán los espacios de trabajo colaborativos para dar soporte a la realización de la actividad “*PilasCol*” para los distintos tipos de usuarios dependiendo de su estilo de aprendizaje, en este caso concreto.

```
- <rCollTools>
- <rCollTool id="1">
  <set id="s1" />
  <tools>
    <tool set="m1" type="main_tools" />
    <tool set="ad1" type="additional_tools" />
  </tools>
</rCollTool>
- <rCollTool id="2">
  <cond type="s">
    <name>VisualVerbal</name>
    <op>=</op>
    <value>visual</value>
  </cond>
  <set id="m1" />
  <tools>
    <tool id="graphicalEd" />
  </tools>
</rCollTool>
- <rCollTool id="3">
  <cond type="s">
    <name>VisualVerbal</name>
    <op>=</op>
    <value>verbal</value>
  </cond>
  <set id="m1" />
  <tools>
    <tool id="textEd" />
  </tools>
</rCollTool>
- <rCollTool id="4">
  <set id="ad1" />
  <tools>
    <tool id="chat" />
    <tool id="email" />
  </tools>
</rCollTool>
</rCollTools>
```

Figura 4.9. Ejemplo de los datos de las herramientas colaborativas para un conjunto

Por último, los criterios generales para la recomendación de actividades en función del tipo de actividad y del contexto de los usuarios, se especifican en términos de **reglas generales basadas en el contexto**. Estas reglas se encuentran almacenadas en un fichero XML que se aplica a todas las actividades de un entorno dado.

En el caso concreto de la asignatura “*Estructura de Datos de la Información I*”, se ha definido una regla de contexto (ver figura 4.10), donde se especifica que los estudiantes deben tener un tiempo mínimo disponible para poder realizar los ejercicios de respuesta libre. De otro modo, la actividad se marcará como no recomendada. El mínimo tiempo libre exigido varía en función del estilo de aprendizaje de cada alumno. Si el alumno es activo y tiene menos de diez minutos, los ejercicios de respuesta libre se marcarán como no recomendados. Para estudiantes reflexivos, el tiempo mínimo exigido para recomendarlas es mayor (veinte minutos).

```
- <ContextRules id="EDI1">
- <ctxRule id="1" recom="no">
- <compcond op="O">
- <compcond op="A">
- <cond type="s">
  <name>Actvref</name>
  <op>=</op>
  <value>active</value>
</cond>
- <cond type="n">
  <name>Time</name>
  <op><</op>
  <value>10</value>
</cond>
</compcond>
- <compcond op="A">
- <cond type="s">
  <name>Actvref</name>
  <op>=</op>
  <value>reflective</value>
</cond>
- <cond type="n">
  <name>Time</name>
  <op><</op>
  <value>20</value>
</cond>
</compcond>
</compcond>
<type>short_text</type>
</ctxRule>
</ContextRules>
```

Figura 4.10. Ejemplo de los datos almacenados sobre reglas generales de contexto

La disponibilidad de reglas o filtros de adaptación a distintos niveles hace posible la selección de los que se deseen para la creación de entornos concretos. Los responsables del entorno (a los que también se hace referencia en este documento como autores) podrán especificar los rasgos a tener en cuenta para la adaptación de las distintas actividades, la forma en que se organizan, los contenidos y herramientas a utilizar y los distintos criterios para las recomendaciones, suministrando la información que se almacena en los ficheros XML descritos anteriormente. La especificación y almacenamiento de esta información de forma separada facilita la labor de reutilización y mantenimiento de los distintos elementos del entorno. Con el fin de facilitar la labor de describir todos los elementos que componen un entorno, así como de aislar a los autores de los detalles del lenguaje XML utilizado para

almacenar la información correspondiente, se ha desarrollado una herramienta de autor, la cual se describe a continuación.

4.2. Herramienta de autor

Como se ha mencionado anteriormente, la creación de entornos de aprendizaje adaptativos móviles en los que se da soporte a la realización de actividades individuales y colaborativas que pueden ser adaptadas a cada usuario no es una tarea fácil. Como se ha podido observar en la sección 4.1, los creadores de estos entornos son los responsables de definir los elementos del entorno: los distintos rasgos a considerar para la recomendación de actividades y adaptación de espacios de trabajo, sus posibles valores, cómo se utilizarán estos rasgos a la hora de realizar la recomendación de las distintas actividades, qué contenidos se mostrarán, cuáles son las herramientas más apropiadas, etc.

La creación de un nuevo entorno se puede realizar de diferentes maneras. Por ejemplo, se podrían crear directamente cada uno de los ficheros con la información de los nuevos elementos. Esta opción es muy complicada, ya que requiere memorizar las etiquetas XML que se permiten en cada uno de los tipos de ficheros, comprender el significado de la información almacenada y su organización dentro del propio fichero. Esta opción también requiere que los autores tengan conocimientos técnicos sobre el lenguaje **XML**, memoricen las etiquetas utilizadas por este entorno y no cometan errores en la construcción de los ficheros. Otra opción consiste en utilizar plantillas predefinidas para crear cada uno de los elementos del entorno. Esta segunda opción es mejor que la anterior, pues el diseñador no necesita memorizar ninguna etiqueta, aunque sí necesita entender la información que se almacena y su significado. Además, esta opción también es propensa a fallos a la hora de utilizar etiquetas de la plantilla para almacenar información sobre los elementos. En cualquiera de los casos anteriores, las labores de creación y configuración de este tipo de entornos pueden resultar complejas. En este sentido, la creación de nuevos entornos puede resultar una labor imposible para algunos diseñadores y muy frustrante para otros.

Por este motivo, se ha desarrollado una herramienta de autor que facilita la creación y el configuración de estos entornos móviles, permitiendo la inserción de la información relacionada con los distintos elementos mediante un navegador Web a través de una interfaz sencilla que aísla al autor del lenguaje utilizado para almacenar información. Esta herramienta irá guiando al autor, pidiéndole la información relativa al entorno a través de páginas con formularios, y ofreciéndole la posibilidad de seleccionar rasgos o criterios utilizados con frecuencia y ofrecidos en la herramienta para su uso por omisión, para que no sea necesaria la especificación de toda la información desde cero.

El proceso de creación y configuración de un nuevo entorno móvil donde se recomendarán las actividades en función de unos determinados rasgos consta de cuatro pasos principales:

1. Creación del nuevo entorno y definición de sus características generales, indicando los tipos de filtros de recomendación a utilizar.
2. Especificación de criterios de recomendación generales basados en contexto (mediante reglas generales de contexto, que afectarán a todas las actividades del entorno).
3. Descripción de los conjuntos de herramientas que se utilizarán para la realización de las actividades colaborativas y la comunicación entre usuarios.
4. Creación de las propias actividades, incluyendo la definición de reglas estructurales y de requisitos individuales de realización (si procede), así como la asociación de contenidos y conjuntos de herramientas.

En el primer paso, el autor introduce las características comunes a todas las actividades del entorno, y decide qué rasgos y filtros de adaptación se tendrán en cuenta durante el proceso de recomendación de actividades. Para ello, la herramienta presenta al diseñador la página Web mostrada en la figura 4.11. En esta página se debe introducir el nombre del entorno, los idiomas a que dará soporte y las descripciones del entorno en esos idiomas, qué tipo de filtros se van a utilizar para las recomendaciones (basados en reglas estructurales, generales de contexto, de requisitos individuales, o basados en acciones previas de los usuarios) y las opciones generales de las actividades colaborativas (creación automática de grupos de trabajo, tamaños de los grupos y si los miembros de los grupos tendrán asignado algún tipo de rol).

Para finalizar este paso, se introducirán los parámetros o rasgos que serán posteriormente utilizados para las recomendaciones (como condiciones de las reglas) y para la selección de contenidos y herramientas. Con el objetivo de facilitar esta tarea, se ofrecen atributos ya especificados, junto con sus posibles valores, que el autor puede seleccionar. Estos atributos predefinidos son el dispositivo utilizado (ordenador personal, portátil, PDA, y teléfono móvil) y la localización física del usuario (casa, clase, laboratorio, desconocido, otros). El diseñador sólo tendrá que seleccionarlos de la parte derecha de la página (*“Useful features”*), asignarles su prioridad y pulsar el botón *“Add Default Feature”*. Inmediatamente aparecerán reflejados en la tabla *“Features”* situada en la parte central de la misma. En esta tabla se irán mostrando los rasgos de adaptación que el diseñador ha definido hasta el momento.

Los diseñadores también pueden especificar otros rasgos de adaptación cuyos valores sean numéricos o estereotipos. Para ello deberán suministrar el nombre del rasgo, su tipo, prioridad y posibles valores. Si se está definiendo un rasgo numérico, se pedirá su valor

máximo y su mínimo. Una vez introducidos los datos del nuevo rasgo, se pulsará el botón “*Confirm Feature*” para incluirlo en la tabla con los rasgos de adaptación.

CREATION OF NEW SUBJECT

Name of the new subject:

Languages:

☒ Spanish Description:

☐ English Description:

Adaptation Capabilities:

☒ Structural

☒ Context

☒ Individual

☐ Recommender based on previous actions

Collaboration:

Dynamic workgroup generation:

Minimum size of groups:

Maximum size of groups:

Roles:

Features

Name	Type	Priority	Possible Values
<p>Current Feature</p> <p>Name: <input type="text"/></p> <p>Type: <input type="text" value="Stereotype"/></p> <p>Priority: <input type="text" value="1"/></p> <p>Values:</p> <p><input type="button" value="Add Value"/> <input type="button" value="Delete Value"/> <input type="button" value="Confirm Feature"/></p>			
<p>Useful Features</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Device (pc, laptop, pda, mobile phone)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Place (home, class, lab, unknown, others)</p> <p><input type="checkbox"/> Visual/verbal dimension of learning styles (visual, verbal)</p> <p><input type="checkbox"/> Sensing/intuitive dimension of learning styles (sensing, intuitive)</p> <p><input type="checkbox"/> Sequential/global dimension of learning styles (sequential, global)</p>			

Figura 4.11. Ejemplo de pantalla de creación de un nuevo entorno

En la figura 4.12 se puede observar cómo el diseñador ha seleccionado, de entre los atributos disponibles previamente definidos, aquellos relacionados con el contexto como rasgos de adaptación en este nuevo entorno. Además, se encuentra especificando un nuevo atributo numérico “*Time*” que tiene prioridad máxima (1) frente a otros rasgos de adaptación y cuyos posibles valores estarán entre 0 y 1440.

En el caso de añadir un rasgo cuyos valores son estereotipos (ver figura 4.13), el autor deberá introducir los posibles valores (al menos dos) pulsando el botón “*Add Value*”. Cada vez que se pulse este botón, la herramienta le pedirá que introduzca un nuevo valor mediante una ventana de diálogo. Según se inserten los nuevos valores, estos se irán mostrando en la propia página. Una vez definidos todos los valores, sólo deberá confirmar los datos introducidos del nuevo rasgo pulsando el botón correspondiente. La figura 4.13 muestra la creación del rasgo “*PreviousKnowledge*” que tiene definidos dos posibles valores “*novice*” y “*advanced*”.

Features

Name	Type	Priority	Possible Values
Device	Stereotype	1	Pc Pda Laptop Mobile phone
Place	Stereotype	1	Home Class Lab Others Any

Current Feature

Name:

Type:

Priority:

Values:

- Minimum value:
- Maximum value:

Obs: Values must be represented as minutes

Useful Features

☒ Device (pc, laptop, pda, mobile phone)

☒ Place (home, class, lab, unknown, others)

☐ Visual/verbal dimension of learning styles (visual, verbal)

☐ Sensing/intuitive dimension of learning styles (sensing, intuitive)

☐ Sequential/global dimension of learning styles (sequential, global)

☐ Active/reflective dimension of learning styles (active, reflective)

Priority:

Figura 4.12. Ejemplo de especificación de rasgos

Current Feature

Name:

Type:

Priority:

Values:

☐ Novice

☐ Advanced

Figura 4.13. Ejemplo de definición de un rasgo cuyos valores son estereotipos

Cuando haya finalizado de definir el nuevo entorno, deberá pulsar el botón “*Send Data*” para que la herramienta cree el nuevo entorno y almacene los datos introducidos relacionados con el mismo. A continuación, se mostrará al diseñador la siguiente página en la que se solicita la definición de los filtros generales de contexto para el entorno creado en el paso anterior (ver captura en la figura 4.14). Esta página sólo se muestra si el diseñador seleccionó el uso de este filtro en la página anterior.

Como se puede observar, para crear una nueva regla general de contexto, el diseñador debe definir la condición de activación de la regla, seleccionar los tipos de actividades que serán consideradas como recomendadas (o no recomendadas) de acuerdo al grado de recomendación de la regla. Una vez realizados estos pasos, deberá pulsar el botón “*Create Context Rule*” para crear la regla de contexto y almacenar su información.

CREATION OF NEW CONTEXT FILTER

Activation Condition

REL OP COND

Feature: Device

Add Feature-Value to the last Condition

Add New Disjunctive Condition

Types of activities for the new context rule:

Select a type: Set

Add Type

Recommendation: Yes

You can use one of these default general context rules

- ☐ Students using pdas or mobile phones can only perform tests and review activities
- ☐ Collaborative activities and short-text exercises are not suitable for active students that have <10 minutes available
- ☐ Collaborative activities and short-text exercises are not suitable for reflective students that have <20 minutes available
- ☐ Students that have <10 minutes available can only do test exercises and review activities

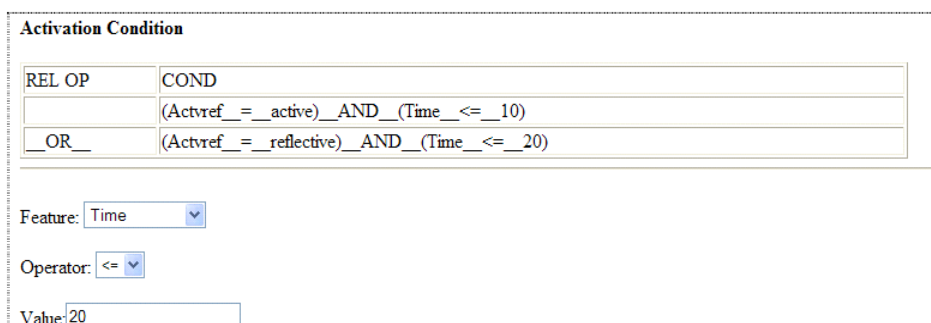
Create Context Rule

Figura 4.14. Ejemplo de la pantalla de especificación de reglas generales de contexto

Todas las páginas Web generadas que permiten la definición de distintos tipos de reglas de adaptación, dan soporte a la especificación de las condiciones de activación de una forma similar (parte superior de la página mostrada en la figura 4.14.). Si la regla a definir no tiene ninguna condición de activación (se aplicará a todos los usuarios por igual independientemente de sus características, acciones y contexto), se dejará sin especificar la condición de activación. Por el contrario, si se desea definir una condición, el diseñador debe seleccionar el rasgo de adaptación que quiere tener en cuenta. Los rasgos mostrados en esta página fueron introducidos previamente en la página de creación del nuevo entorno. Una vez seleccionado el rasgo, si sus posibles valores son estereotipos, el diseñador deberá seleccionar uno de ellos. Sin embargo, si el rasgo es numérico, el

diseñador deberá seleccionar un posible operador de comparación y especificar el valor que se utilizará en la condición de activación.

Se pueden especificar tanto condiciones simples como compuestas. Para definir una condición simple, hay que añadir un único par rasgo-valor a la condición de activación. Las condiciones compuestas pueden ser de dos tipos: condiciones en las que se deberán cumplir todas las subcondiciones para que la condición compuesta se satisfaga (AND), y condiciones en las que sólo es necesario que se cumpla una de las subcondiciones para que la condición compuesta se cumpla (OR). En la figura 4.15 se muestra un ejemplo de creación de condición compuesta que se satisfará para los estudiantes activos que tengan un tiempo disponible menor o igual a diez minutos y para los estudiantes reflexivos que dispongan de un tiempo inferior o igual a veinte minutos.



REL OP	COND
	(Actref = _active_) AND (Time <= _10)
OR	(Actref = _reflective_) AND (Time <= _20)

Feature:

Operator:

Value:

Figura 4.15. Ejemplo de creación de una condición de activación para una regla

Con el objetivo de ayudar al diseñador en la creación de reglas generales de contexto, se le ofrece un listado con varios filtros generales de contexto predefinidos al final de esta página. Estos filtros, destinados a su aplicación en el ámbito de la enseñanza, son los siguientes:

- Si el estudiante está utilizando un teléfono móvil o una PDA, los mensajes, las actividades de repaso y los ejercicios tipo test serán anotados como recomendadas para ese dispositivo.
- Si el estudiante dispone de menos de diez minutos, los mensajes, las actividades de repaso y los ejercicios tipo test se marcarán como actividades a recomendar en ese contexto.
- Las simulaciones, explicaciones teóricas, actividades colaborativas y los ejercicios de respuesta libre no se recomendarán a estudiantes activos que tengan menos de diez minutos disponibles.
- Las simulaciones, explicaciones teóricas, actividades colaborativas y los ejercicios de respuesta libre no se recomendarán a estudiantes reflexivos que tengan menos de veinte minutos disponibles.

Si el autor quiere utilizar cualquiera de estas reglas de contexto, sólo deberá seleccionarla y pulsar el botón de creación de la regla. De esta manera, se almacenarán como reglas del entorno que se está definiendo desde el primer paso. Las reglas correspondientes al filtro de contexto se encuentran almacenadas en un fichero de configuración de la propia herramienta (ver figura 4.16.), y se corresponden a las descritas en la sección 3.6 del capítulo anterior.

```

- <ContextRules id="Template">
- <ctxRule id="1" recom="true">
- <compcond op="O">
- <cond type="s">
- <name>device</name>
- <op>=</op>
- <value>pda</value>
- </cond>
- <cond type="s">
- <name>device</name>
- <op>=</op>
- <value>phone</value>
- </cond>
- </compcond>
- <type>msg</type>
- <type>review</type>
- <type>test</type>
- </ctxRule>
- <ctxRule id="2" recom="true">
- <cond type="s">
- <name>time</name>
- <op><</op>
- <value>10</value>
- </cond>
- <type>msg</type>
- <type>review</type>
- <type>test</type>
- </ctxRule>
+ <ctxRule id="3" recom="false">
+ <ctxRule id="4" recom="false">
</ContextRules>

- <ContextRules id="Template">
+ <ctxRule id="1" recom="true">
+ <ctxRule id="2" recom="true">
- <ctxRule id="3" recom="false">
- <compcond op="A">
- <cond type="s">
- <name>ActvRef</name>
- <op>=</op>
- <value>active</value>
- </cond>
- <cond type="n">
- <name>time</name>
- <op><</op>
- <value>10</value>
- </cond>
- </compcond>
- <type>simulation</type>
- <type>theory</type>
- <type>collaborative</type>
- <type>short_text</type>
- </ctxRule>
- <ctxRule id="4" recom="false">
- <compcond op="A">
- <cond type="s">
- <name>ActvRef</name>
- <op>=</op>
- <value>reflective</value>
- </cond>
- <cond type="n">
- <name>time</name>
- <op><</op>
- <value>20</value>
- </cond>
- </compcond>
- <type>simulation</type>
- <type>theory</type>
- <type>collaborative</type>
- <type>short_text</type>
- </ctxRule>
</ContextRules>

```

Figura 4.16. Fichero XML de configuración con reglas generales de contexto por omisión

A continuación, se procederá a la creación de actividades a través de la interfaz correspondiente (ver figura 4.17). A través de esta página, se podrá definir no sólo la información de la propia actividad sino también de sus elementos asociados (contenidos, reglas estructurales y requisitos individuales). En esta página, el diseñador puede introducir la siguiente información:

- Nombre de la actividad (caja de texto ①), que será su identificador dentro del entorno.
- Tipo (caja de selección ②). Los tipos de actividades se encuentran definidos en un fichero de configuración de la propia herramienta. El diseñador deberá seleccionar el tipo deseado de la lista de todos los posibles.

- Descripciones en los idiomas definidos para todo el entorno (caja de texto ③).
- Fecha de inicio en la cual la actividad deberá iniciarse (si se desea fijar). Esta fecha será seleccionada cuando se pulse sobre el icono ④ de la figura 4.17. Una vez elegida la fecha, se mostrará en la caja de texto correspondiente.
- Fecha en la que la actividad deberá estar realizada (si se desea fijar). Esta fecha se seleccionará de manera análoga a la fecha de inicio (ver icono ⑤).
- Tiempo máximo estimado de realización de dicha actividad (opcional, a indicar en la caja de texto ⑥).
- Tiempo mínimo estimado de realización de dicha actividad (opcional, a indicar en la caja de texto ⑦).

Creation of new Activity

CREATION OF NEW ACTIVITY

Name: ①

Type: ②

Spanish Description: ③

Beginning date: ④

Deadline: ⑤

Maximum accomplishment time (expressed in minutes): ⑥

Minimum accomplishment time (expressed in minutes): ⑦

Figura 4.17. Captura de la pantalla mostrada para la creación de una actividad

Sin embargo, no toda esta información es obligatoria. La fecha límite en la que la actividad debe estar realizada y el tiempo máximo y mínimo estimado son campos opcionales. A continuación, debe pulsar el botón “*Create Activity*”.

Una vez creada la nueva actividad, se puede almacenar información sobre los elementos asociados a ella (contenidos, herramientas, reglas estructurales y requisitos individuales). Para ello, se debe pulsar sobre el botón correspondiente de la página de creación de actividades. Si se quiere asociar ficheros de contenidos a las actividades, se debe pulsar sobre el botón “*Add Contents to Activity*”. Inmediatamente, se mostrará una pantalla como la mostrada en la figura 4.18. El autor podrá asociar los contenidos deseados para una determinada actividad pulsando el botón “*Examinar*” de dicha página. A través de una ventana de diálogo, se elegirán los ficheros de contenidos que se enviarán al servidor para su posterior almacenamiento.

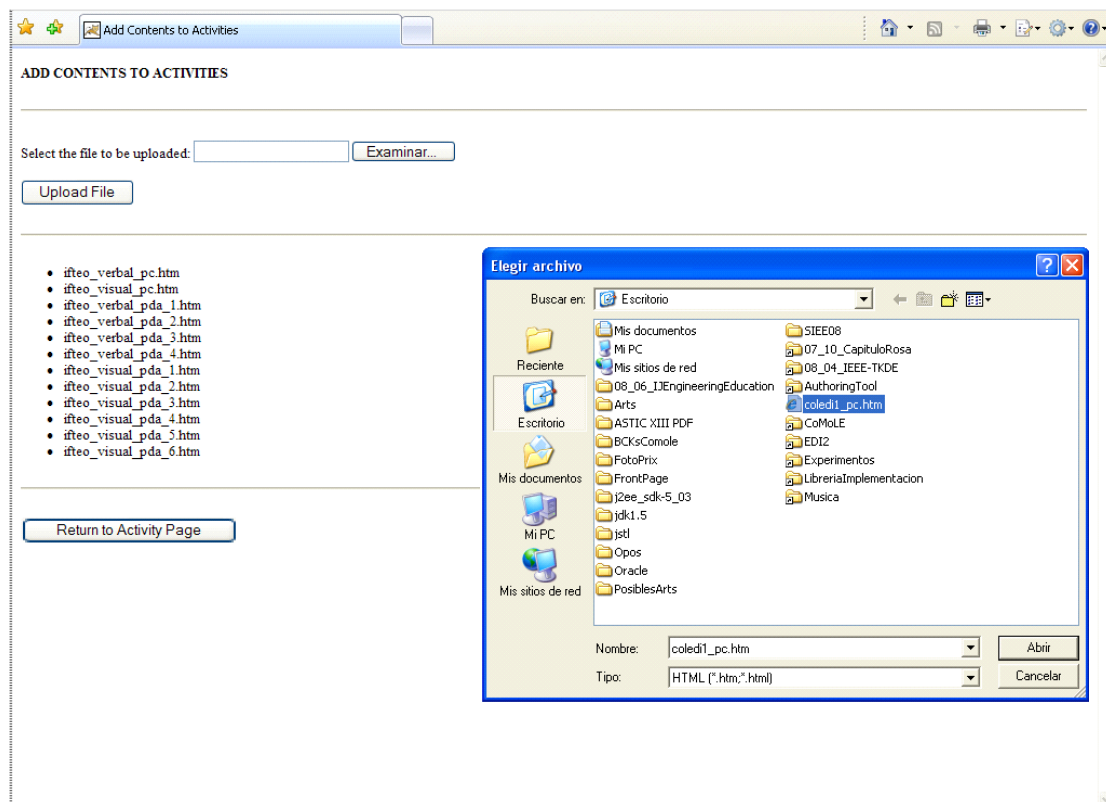


Figura 4.18. Captura de la pantalla mostrada para asociar contenidos a una actividad

Es posible asociar más de un fichero de contenidos a una misma actividad pulsando tantas veces como sea necesario el botón “*Examinar*”. En cada paso, se irán mostrando los ficheros asociados actualmente a la actividad en la propia página. Estos ficheros de contenidos pueden asociarse a más de una actividad, permitiendo la reutilización de material previamente almacenado. Una vez terminada la asociación de contenidos para una actividad, se deberá pulsar sobre el botón “*Return to Activity Page*” para volver a la pantalla anterior de creación de actividades.

La definición de contenidos para actividades colaborativas es un caso especial en el que el diseñador no sólo debe suministrar el enunciado de la actividad a desarrollar sino

también el conjunto de herramientas que se facilitará a los estudiantes para su realización, de forma que se pueda componer el espacio de trabajo colaborativo correspondiente. Para ello, se mostrará una página similar a la presentada en la figura 4.19 al autor. En ella, se podrán definir distintas reglas de espacios de trabajo para la actividad que se acaba de crear (en el ejemplo de la figura, la actividad “*PilasCol*”). Pueden especificarse distintos espacios de trabajo en función de distintos rasgos de adaptación, en cuyo caso se crearán varias reglas de espacios de trabajo colaborativo donde se debe detallar la condición de activación, el enunciado de la actividad y el conjunto de herramientas a utilizar. En el ejemplo de la figura, se van a crear las reglas de espacio de trabajo colaborativos para la actividad “*PilasCol*”.

The screenshot shows a web interface for creating a new activity and its associated workspace rules. The interface is divided into two main sections: 'CREATION OF NEW ACTIVITY' on the left and 'WORKSPACES RULES AND CONTENTS FOR A COLLABORATIVE ACTIVITY *PilasCol*' on the right.

CREATION OF NEW ACTIVITY:

- Name:**
- Type:**
- Spanish Description:**
- Beginning date:**
- Deadline:**
- Maximum accomplishment time:**
- Minimum accomplishment time:**
- Create Activity:**
- Add Contents to Activity:**

WORKSPACES RULES AND CONTENTS FOR A COLLABORATIVE ACTIVITY *PilasCol*:

- No rules defined yet**
- CREATION OF NEW WORKSPACE RULE**
- Activation Condition**
- REL OP:**
- COND:**
- Feature:**
- Add Feature-Value to the last Condition:**
- Add New Disjunctive Condition:**
- Select the file to be uploaded:**
- Write the name of the set of tools:**
- Create Workspace Rule:**

Figura 4.19. Captura de la pantalla para asociar contenidos a una actividad colaborativa

El siguiente paso a la especificación de las reglas generales de contexto es definir los conjuntos de herramientas que se utilizarán en el desarrollo de las actividades colaborativas dentro del entorno. La definición de estos conjuntos se realiza mediante reglas de adaptación de espacios de trabajo y herramientas colaborativas. Estas reglas fueron utilizadas en el sistema COL-TANGOW para definir la adaptación de los enunciados y herramientas utilizadas por los estudiantes [Carro03a], y procesadas para generar dinámicamente los espacios de trabajo colaborativos [Carro03b]. La página mostrada al autor tiene una apariencia similar a la anterior (ver figura 4.20). Por cada regla a crear, se

debe definir su condición de activación (si procede), el nombre del conjunto de herramientas y las herramientas que se utilizarán dentro de dicho conjunto.

GENERAL COLLABORATIVE SET OF TOOLS: EDII

CREATION OF NEW COLLABORATIVE TOOL RULE

Activation Condition

REL OP COND

Feature:

Set:

Tools:

Select a tool:

Figura 4.20. Captura de la página mostrada para definir los conjuntos de herramientas

Si el autor está definiendo una actividad que se descompone en otras subactividades más simples, deberá crear las correspondientes reglas estructurales para dicha actividad. Para ello, pulsando sobre el botón “*Create Structural Rules*” de la página de creación de actividades, se accede a otra página de creación de reglas estructurales (ver figura 4.21.). En ella, el diseñador especificará la condición de activación de la regla, la guía de navegación que se ofrecerá a los estudiantes entre las distintas subactividades, y las propias subactividades. La definición de la condición se efectuará de manera similar a la creación de condiciones en las reglas generales de contexto.

La figura 4.21. muestra dos ejemplos de especificación de reglas estructurales relacionadas con la actividad compuesta “*RepasoCond*”. En la parte izquierda de esta figura, se puede ver que el diseñador ha creado una condición de activación que indica que esa regla se activará para estudiantes activos cuando tengan un tiempo igual o inferior a diez minutos. Las subactividades definidas son tres: “*CondReview*”, “*IfEjem*” y “*SwitchEjem*”; y se

podrán realizar en el orden en el que los estudiantes decidan (guía libre). En la parte derecha, se muestra los datos de otra regla estructural. En ella, se indica que para los estudiantes que tengan más de diez minutos disponibles, independientemente del resto de características, la actividad “*RepasoCond*” se dividirá en las siguientes actividades: “*CondReview*”, “*IfEjem*”, “*SwitchEjem*”, “*IfTest*”, “*SwitchRptaLibre1*” y “*SwitchRptaLibre2*”. Los alumnos decidirán el orden de realización de las mismas. Estas dos reglas se corresponden con la información almacenada en el fichero XML correspondiente a dicha actividad, mostrado en la figura 4.6. de la sección 4.1.

The figure displays two side-by-side screenshots of the 'CREATION OF NEW STRUCTURAL RULE' interface. Both screens have a title bar 'CREATION OF NEW STRUCTURAL RULE'.

Left Screenshot:

- Activation Condition:** A table with 'REL OP' set to 'COND' and a text input field containing '(Activref == active) AND (Time <= 10)'.
- Feature:** A dropdown menu set to 'Time'.
- Operator:** A dropdown menu set to '<='.
- Value:** A text input field containing '10'.
- Buttons:** 'Add Feature-Value to the last Condition' and 'Add New Disjunctive Condition'.
- Guidance:** A dropdown menu set to 'Free'.
- Subactivities:** A list box containing 'SUB-ACTIVITY', 'CondReview', 'IfEjem', and 'SwitchEjem'. Below it is an 'Add New SubActivity' button.
- Buttons:** 'Create Structural Rule' and 'Back to Activity Menu'.

Right Screenshot:

- Activation Condition:** A table with 'REL OP' set to 'COND' and a text input field containing '(Time > 10)'.
- Feature:** A dropdown menu set to 'Time'.
- Operator:** A dropdown menu set to '>'.
- Value:** A text input field containing '10'.
- Buttons:** 'Add Feature-Value to the last Condition' and 'Add New Disjunctive Condition'.
- Guidance:** A dropdown menu set to 'Free'.
- Subactivities:** A list box containing 'SUB-ACTIVITY', 'CondReview', 'IfEjem', 'SwitchEjem', 'IfTest', 'SwitchRptaLibre1', and 'SwitchRptaLibre2'. Below it is an 'Add New SubActivity' button.
- Buttons:** 'Create Structural Rule' and 'Back to Activity Menu'.

Figura 4.21. Capturas de las pantallas para definir sendas reglas estructurales

La figura 4.22. muestra el resultado de la creación de estas dos reglas estructurales. Esta información aparece en la parte superior de la página donde se definen las propias reglas estructurales.

Cuando el autor termine de definir las reglas estructurales de una actividad compuesta, volverá de nuevo a la página de creación de actividades donde podrá definir el último elemento relacionado con las actividades: las reglas de requisitos individuales.

En la figura 4.23, se muestra la página en la que el autor introducirá este último tipo de las reglas. Los datos de la condición de la regla individual se introducen de manera análoga a como se introducían las condiciones de las reglas generales de contexto y de las

reglas estructurales. Una vez creada la condición específica que da lugar a la regla individual, se procede a almacenar sus datos pulsando el botón de creación de la nueva regla “*Create Individual Rule*”.

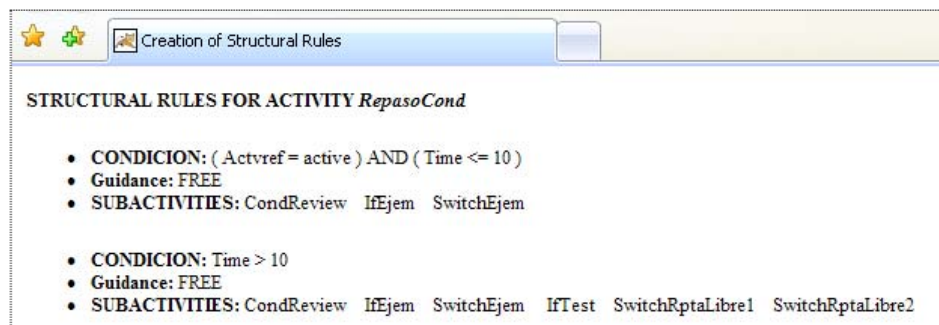


Figura 4.22. Ejemplo de dos reglas estructurales creadas

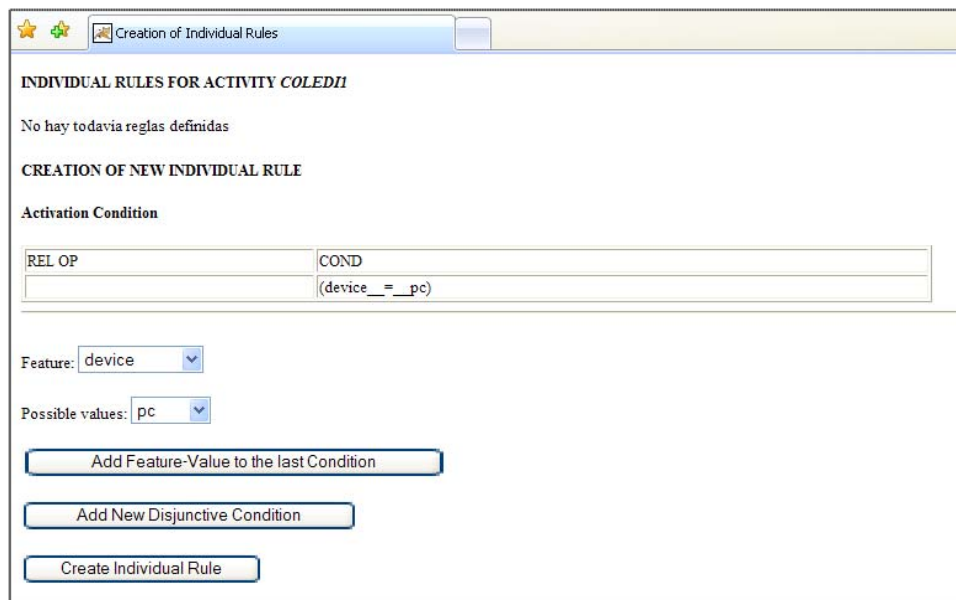


Figura 4.23. Captura de pantalla de creación de reglas de requisitos individuales

Al finalizar la creación e inserción de todos los datos de la nueva actividad (información de la propia actividad, contenidos, herramientas, reglas estructurales y requisitos individuales), se procede a almacenar toda la información de la actividad en un fichero XML similar a los presentados en la sección 4.1. Para ello, el diseñador deberá pulsar el botón “*Record Activity Data*” de la página de creación de actividades. El paso de creación de actividades será repetido tantas veces como actividades haya definidas en el entorno.

La herramienta de autor ha sido implementada en lenguaje Java. Los formularios Web de las páginas mostradas al diseñador en cada uno de los pasos incluyen código JavaScript y DOM para controlar los posibles errores de entrada de datos en los formularios de las páginas Web y la actualización de los valores que va introduciendo el

autor en cada una de las páginas. Además, esta herramienta utiliza dos paquetes externos (“*Commons FileUpload*” y “*Commons IO*”) para gestionar el tratamiento de los ficheros de contenidos asociados a las actividades, los cuales son enviados a través del navegador Web del cliente al servidor. El paquete “*Commons FileUpload*” [FileUpload] permite tratar una petición de envío de un fichero a través de un formulario web de una forma sencilla. El paquete “*Commons IO*” [IO] contiene métodos útiles que permiten trabajar con flujos de datos y ficheros.

Esta herramienta de autor facilita al diseñador la definición de nuevos entornos sin tener que conocer el código XML que se utiliza para la representación y almacenamiento de los datos. Además ayuda a configurar nuevos entornos donde puede definir distintos criterios de recomendación y adaptación.

4.2.1. Configuración de editores gráficos colaborativos específicos

Cuando se desea que los usuarios finales realicen actividades colaborativas, a veces no es suficiente disponer de un conjunto de herramientas colaborativas genéricas. Los autores pueden necesitar herramientas específicas que faciliten la realización de determinadas actividades. Cuando una actividad lleva asociada la creación de diagramas o representaciones gráficas, es posible ofrecer a los usuarios editores gráficos colaborativos genéricos. Sin embargo, algunos de ellos ofrecen un conjunto de elementos e iconos demasiado extenso. Algunos usuarios pueden tardar demasiado tiempo buscando los elementos útiles para la representación de los elementos involucrados en la realización de una determinada actividad.

Con este objetivo, se diseñó e implementó en lenguaje Java una aplicación que permite a los diseñadores la especificación de actividades colaborativas que incluyen editores gráficos colaborativos personalizados [Carrasco05]. Cada editor ofrecerá a los usuarios sólo los elementos e iconos necesarios para la realización de una actividad. De esta manera, por un lado, los usuarios no pierden tiempo en encontrar los elementos adecuados para la realización de la actividad, ya que el editor está adaptado a las características de una actividad específica. Por otro lado, se ha creado una herramienta de autor para que los diseñadores puedan crear este tipo de editores de una forma sencilla.

Un diseñador que desee utilizar esta herramienta para especificar una actividad colaborativa con editor gráfico personalizado debe crear la propia actividad, facilitando el enunciado del problema a resolver y el conjunto de elementos que utilizarán los estudiantes para su realización, los cuales compondrán la barra de herramientas del editor gráfico colaborativo. En la figura 4.24 se muestra un ejemplo de la pantalla de creación y configuración de estas actividades. En la parte superior se muestra una lista con las

actividades definidas hasta el momento. La actividad sobre la que se está trabajando se encuentra marcada en color azul.

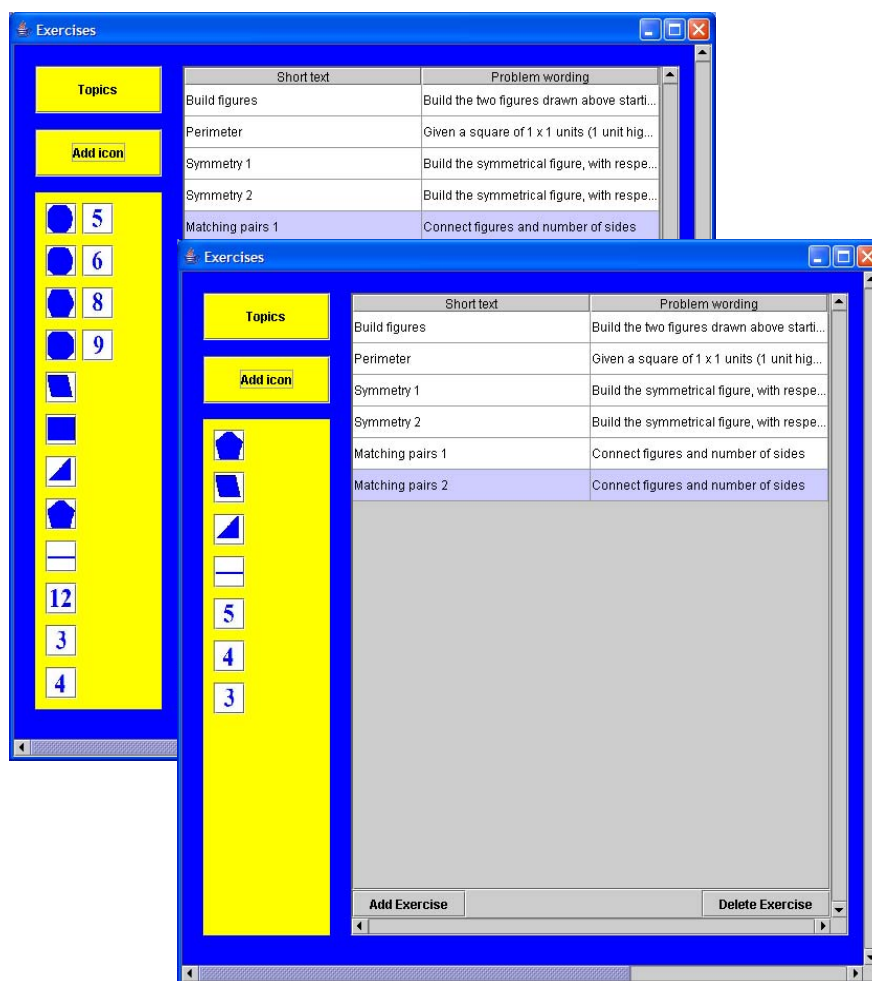


Figura 4.24. Capturas de la herramienta de especificación de actividades con editores gráficos colaborativos específicos

Para crear una nueva actividad colaborativa, se debe pulsar sobre el botón “Add Exercise”, insertar su descripción y el enunciado del problema. Una vez hecho esto, se deben asociar los distintos elementos gráficos o iconos que utilizarán los usuarios para realizar esta nueva actividad. Al pulsar sobre el botón “Add icon”, se mostrará al diseñador una nueva pantalla donde aparecerán los elementos previamente almacenados en la aplicación y un cuadro de diálogo a través del cual se podrá buscar e incluir nuevos elementos (ver figura 4.25). De esta manera, el diseñador puede elegir entre la reutilización de material proporcionado anteriormente a la aplicación o la inclusión de nuevos elementos gráficos.

Las actividades definidas a través de esta herramienta serán realizadas por los estudiantes en espacios de trabajo generados a partir de los editores gráficos colaborativos específicos que se generan a partir de estas especificaciones. Estos editores se consideran

herramientas colaborativas disponibles para los entornos generados por CoMoLE [Martín08], y sus detalles serán explicados en la sección 4.3.4.

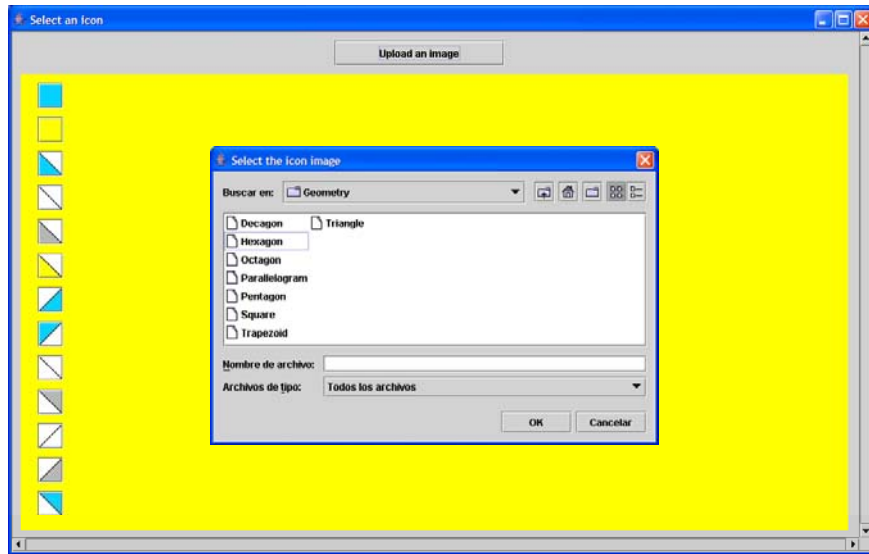


Figura 4.25. Pantalla de inserción de nuevos iconos o reutilización de los existentes

4.3. Sistema

Una vez explicados los datos que maneja el mecanismo de recomendación y las herramientas de autor que facilitan la especificación de los distintos elementos de los entornos, se procede a describir el funcionamiento del sistema CoMoLE y cómo da soporte a las recomendaciones de actividades y a la generación de espacios de trabajo adaptados. Este sistema se encarga de guiar a los estudiantes a través de un conjunto de actividades realizando recomendaciones sobre las actividades más adecuadas en cada paso en función de sus características personales, acciones y contexto en el que se encuentran. Los estudiantes pueden acceder a este sistema a través de un navegador Web utilizando diferentes dispositivos². CoMoLE da soporte a la recomendación y realización de diferente tipo de actividades de aprendizaje tales como estudio de explicaciones teóricas, observación de ejemplos, realización de ejercicios tipo test y ejercicios de respuesta libre, resolución de problemas de forma colaborativa, descarga de material electrónico, envío y recepción de mensajes entre compañeros, etc.

El proceso de recomendación de las actividades más adecuadas y generación de los espacios de trabajo correspondientes para cada actividad se ha implementado en cuatro módulos principales: el gestor de actividades, el módulo de recomendación basado en reglas (con el filtro estructural, el filtro general de contexto y el filtro individual), el módulo de recomendación basada en información de otros usuarios (incluyendo el clasificador de

² La actual implementación se encuentra disponible en la dirección: <http://tangow.ii.uam.es/comole/>

usuarios y el buscador de recomendaciones), y por último, el generador de espacios de trabajo. Estos módulos implementan cada una de las fases del mecanismo de recomendación explicado en el capítulo anterior. La arquitectura general del sistema CoMoLE se presenta en la figura 4.26.

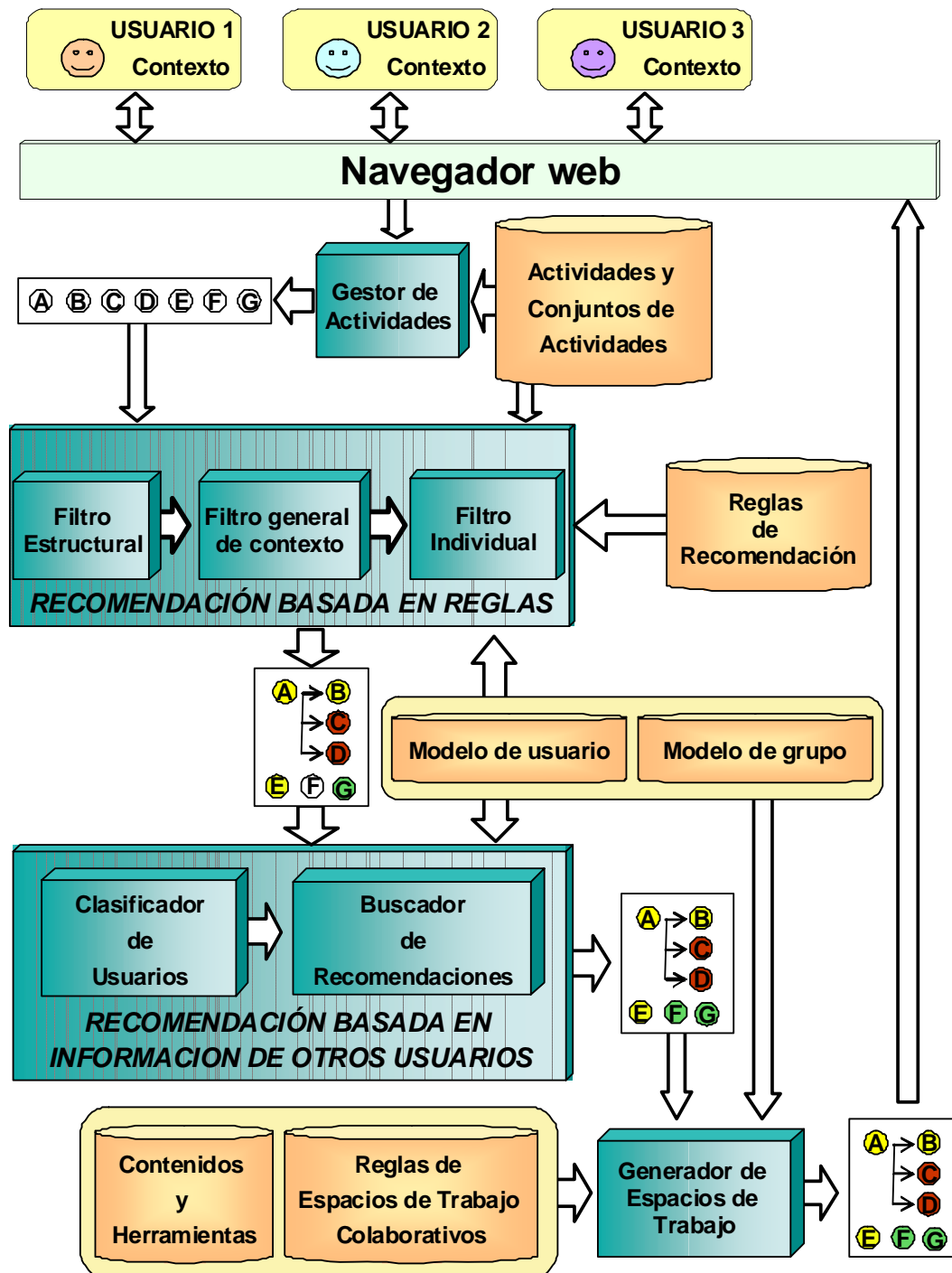


Figura 4.26. Arquitectura general del sistema CoMoLE

Cuando un usuario accede al sistema desde su navegador Web, se le pide que se identifique facilitando sus datos de acceso al sistema en la pantalla inicial (parte izquierda de la figura 4.27). A continuación, si es la primera vez que accede al entorno, se le muestra un formulario Web con una serie de preguntas sobre sus características personales relacionadas con rasgos de adaptación utilizados en la recomendación de actividades. Las respuestas a estas preguntas se almacenan dentro del fichero XML que contiene la información estable del usuario. A continuación se procede a averiguar su contexto (dónde se encuentra físicamente, el tiempo que tiene disponible y el dispositivo que está empleando). Junto con estos datos, se pregunta cuál es el entorno al que desea acceder (ver captura en la parte derecha de la figura 4.27).

Una vez conocido el contexto del usuario, el sistema procede a seleccionar las actividades más adecuadas para el usuario de acuerdo a sus características personales, acciones realizadas previamente y contexto. También se encargará de componer los espacios de trabajo para la realización de actividades. En este proceso se encuentran implicados todos los módulos del sistema (gestores y filtros de la figura 4.26).

The image displays two side-by-side screenshots of the CoMoLE web application interface, both running in a Windows Internet Explorer browser window.

The left window, titled "CoMoLE", shows the login page. It features a "Login:" field followed by a text input field containing "@estudiante.uam.es", a "Password:" field, and a "Sign in" button. Below the login fields is a large blue link labeled "ENCUESTA!!!!!!". Further down, there are links for "Instrucciones de uso", "Instrucciones de configuración para PDA", and "Enlace a instrucciones de configuración de la red inalámbrica EDUROAM". At the bottom, there is an "Acceso:" section explaining login credentials and a "Para darnos vuestra opinión" section with links for "correo electrónico" and "formulario on-line".

The right window, titled "Contexto de aprendizaje", shows a "Situación actual" form. It contains several dropdown menus for user context: "¿Qué dispositivo estás utilizando?" (set to PC), "¿De cuánto tiempo dispones?" (set to 10 min.), "¿Dónde te encuentras ahora mismo?" (set to Casa), and "¿De qué curso quieres realizar actividades?" (set to EDI1). An "Enviar" button is located at the bottom of the form.

Figura 4.27. Pantallas de entrada y de petición de datos de contexto en CoMoLE

4.3.1. Generación del listado inicial de actividades

El primer paso consiste en averiguar cuáles son las actividades relacionadas con el entorno seleccionado por el usuario. El **gestor de actividades** es el responsable de obtener un listado inicial de las actividades de un entorno determinado.

Para generarlo, el gestor consulta tanto la información almacenada en el sistema en el fichero XML en el que se define los elementos del entorno como las actividades que ya ha realizado el usuario. A partir de esta información, obtiene el listado inicial de actividades, anota las realizadas previamente por el usuario, y proporciona un listado inicial que envía al módulo de recomendación basado en reglas.

4.3.2. Recomendación basada en reglas de adaptación

A continuación, se procesan los distintos tipos de reglas de recomendación definidas en el entorno. En esta fase, intervienen los tres módulos de recomendación que implementan los tres filtros basados en reglas descritos en el capítulo anterior: **filtro estructural**, **filtro general de contexto** y **filtro individual**. Cada módulo da soporte al procesamiento del correspondiente tipo de reglas: reglas estructurales, filtros generales de contexto y restricciones individuales de realización. Este hecho facilita que se puedan utilizar cada uno de los módulos por separado, de tal manera que, en función de las decisiones tomadas por el autor del entorno en la fase de diseño, se pongan en marcha los correspondientes módulos de recomendación.

La entrada de cada uno de los módulos de recomendación es la salida del módulo anterior, a excepción del primero a utilizar, que recibe el listado inicial proporcionado por el gestor de actividades. La salida de estos módulos de recomendación es un listado con las actividades anotadas junto con su correspondiente grado de recomendación. Este listado es la entrada al módulo de recomendación basada en la información almacenada sobre otros usuarios, en caso de utilizarse.

4.3.3. Recomendación basada en información de otros usuarios

En caso de haber seleccionado el uso de recomendaciones basadas en acciones previas de otros usuarios, entra en juego el módulo denominado “buscador de recomendaciones” en el esquema general mostrado en la figura 4.26. El objetivo principal de este módulo es realizar recomendaciones sobre las actividades que se encuentren sin anotar o bien en estado disponible (ni recomendadas ni no recomendadas especialmente) basándose en las

actividades realizadas por usuarios con características similares cuando se encontraron en la misma situación.

Antes de realizar este tipo de recomendaciones, es necesario analizar las acciones de otros usuarios con el objetivo de obtener los recorridos de actividades para cada tipo de usuario y las probabilidades de realizar una actividad a continuación de otra en un determinado contexto. De esto se encarga el **clasificador de usuarios**, que genera la secuencia de realización de actividades de los distintos tipos de usuarios a partir de los ficheros históricos. Estos ficheros históricos contienen información dinámica sobre cada una de las actividades que los usuarios han ido realizando, incluyendo el contexto en que estaban cuando la realizaron. A partir del análisis de las secuencias de realización de actividades, se construyen modelos de Markov [Baum70] mediante grafos de actividades. Los grafos de actividades constan de dos elementos: nodos y enlaces. Los nodos representan cada una de las actividades que pertenecen a un determinado entorno. Los enlaces entre nodos representan la probabilidad de realizar una actividad a continuación de otra. Dada una actividad origen y otra actividad destino, el clasificador de usuarios obtiene la probabilidad de transición de la actividad origen a la actividad destino a partir del número de usuarios que realizaron la actividad destino después de la actividad origen y del número total de usuarios que realizó una actividad a continuación de la actividad origen (flujo total de salida de un determinado nodo). Estos grafos de actividades se generan fuera de línea. El módulo de recomendación basado en la información de otros usuarios, más concretamente, el **buscador de recomendaciones**, utiliza la información almacenada en estos grafos de actividades para realizar sugerencias sobre actividades disponibles para cada tipo de usuario. Primeramente, este módulo clasifica al usuario en cuestión en uno de los tipos o clases para los que se encuentran definidos los grafos de actividades. A continuación, para cada una de las actividades a considerar, el buscador de recomendaciones analiza la probabilidad de transición desde actividades que el usuario ya ha realizado a aquellas actividades a considerar. Si existe suficiente nivel de confianza sobre la probabilidad de realizar una determinada actividad a continuación de una de las actividades realizadas ya por el usuario, el buscador de recomendaciones anota la actividad destino como recomendada. El cálculo del nivel de confianza de una determinada transición se realiza tal y como se explicó en la sección 3.2.4 del capítulo anterior.

Una vez que el buscador de recomendaciones ha terminado de actualizar el estado de las actividades, envía la lista de actividades completa anotada al generador de espacios de trabajo.

En el sistema CoMoLE se integra la recomendación basada en reglas definidas por expertos con una recomendación basada en la información de otros usuarios, por lo que puede considerarse como un sistema de recomendación híbrido. Además, gracias a este último tipo de recomendaciones, no es necesario especificar a priori ningún tipo de criterio

de recomendación en términos de reglas para poder realizar recomendaciones de actividades a los usuarios del sistema.

4.3.4. Generación de espacios de trabajo

El último módulo, el **generador de espacios de trabajo**, se encarga de componer estos espacios seleccionando los contenidos y herramientas más adecuados para mostrar en una página Web al usuario. Realiza esta selección teniendo en cuenta las características del dispositivo y los rasgos personales de los usuarios, e incluye una tabla de actividades anotada con información sobre el grado de recomendación de cada actividad, obtenida de la lista de actividades anotada proveniente de los módulos de recomendación anteriores. Una vez que se generó la página, es enviada al navegador Web del usuario.

En la figura 4.28 se presenta un ejemplo de una página Web generada para un usuario que está interactuando con un entorno de recomendación de actividades relacionado con la materia “Estructura de Datos y de la Información I”. Como se puede observar, la página se encuentra dividida en tres zonas: área de recomendación (área ①), tabla de actividades anotada (área ②) y área de contenidos (área ③ en figura 4.28).

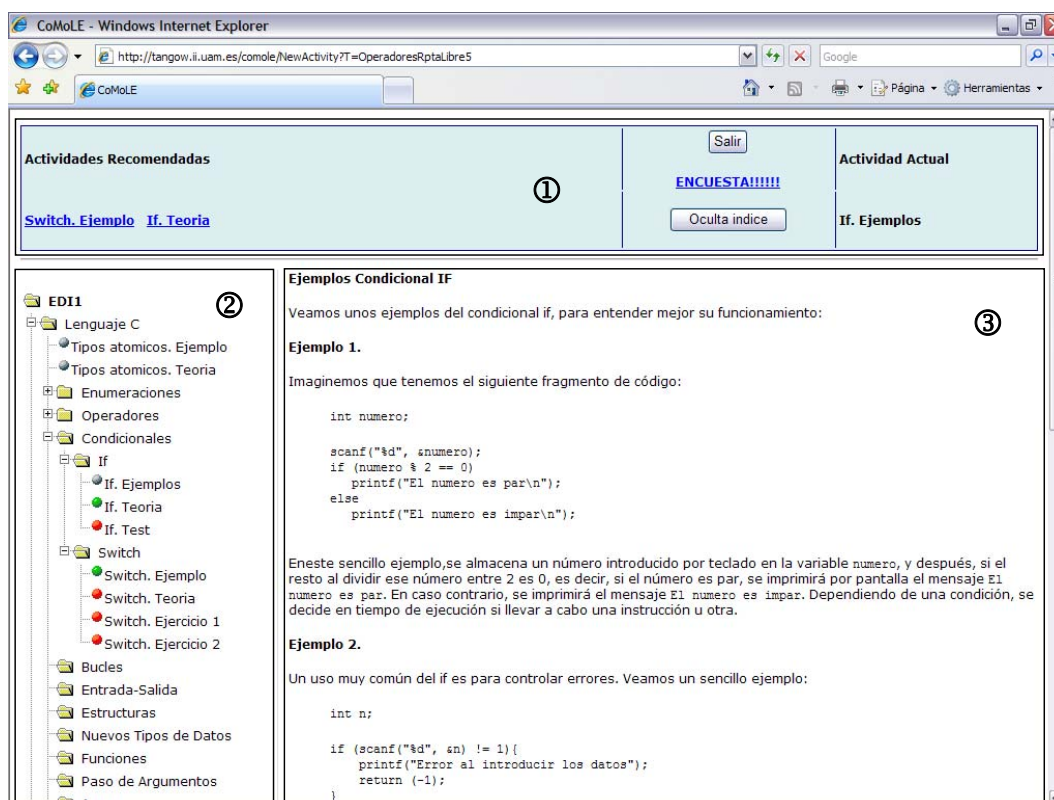


Figura 4.28. Captura de una primera página Web generada por CoMoLE

Las recomendaciones se indican en la parte superior de la página Web generada (área ① de la figura 4.28). En la parte izquierda de esta área, se muestra la recomendación de actividades que se realiza al usuario en un momento determinado. En este ejemplo concreto, las actividades “*Switch. Ejemplo*” y “*If. Teoría*” se encuentran marcadas como recomendadas. La actividad que está realizando actualmente puede verse en la parte derecha de esta área (“*If. Ejemplos*”). De esta manera, los usuarios pueden ver tanto la actividad actual que están realizando como las sugerencias propuestas por el sistema. En la parte central de esta área, se encuentran dos botones. La funcionalidad de estos botones es, respectivamente, permitir al usuario salir del entorno finalizando la sesión y mostrar/ocultar la tabla anotada de actividades (área ②) para contraer/extender el tamaño del área de contenidos (zona ③).

En la parte inferior izquierda (área ②), se muestra **la tabla anotada de actividades** a realizar por un determinado usuario. Esta tabla se genera dinámicamente a partir del listado de actividades anotadas generado por los módulos de recomendación. Como se puede observar, cada actividad está coloreada de acuerdo a la metáfora del semáforo [Weber97]. Los colores utilizados son:

- Verde para indicar que la actividad se encuentra disponible para el usuario, y además su realización está recomendada por el entorno en ese momento.
- Amarillo cuando la actividad está disponible pero no se encuentra recomendada, ya que alguna condición relacionada con el contexto del usuario no se satisface (por ejemplo, el usuario no tiene suficiente tiempo disponible para realizarla).
- Rojo si la actividad no se encuentra disponible y, por tanto, el usuario no puede realizarla (por ejemplo, es necesario que realice otra actividad previamente).
- Negro para las actividades ya realizadas por el usuario.

Por último, en la parte inferior derecha de la pantalla (área ③), se muestra el **área con los contenidos y herramientas** más adecuadas para realizar la actividad actual. Los contenidos son seleccionados por el generador de espacios de trabajo teniendo en cuenta tanto las distintas versiones de los contenidos almacenadas en el entorno como los rasgos personales del usuario, acciones y contexto (por ejemplo, contenidos textuales/gráficos de acuerdo a la dimensión visual-verbal del estilo de aprendizaje de los alumnos o contenidos para PC/PDA dependiendo del dispositivo que esté utilizando el usuario).

Los usuarios van seleccionando las actividades a realizar en cada paso. Esta selección se puede realizar pulsando sobre:

- El enlace generado para las actividades recomendadas en el área de recomendación (área ①).

- Los enlaces a las actividades recomendadas, no recomendadas o ya realizadas de la tabla de actividades anotada (área ②). Las actividades no recomendadas se anotan como tales (con color amarillo), pero el sistema no impide su realización. Las actividades no disponibles, que se encuentran marcadas en rojo, no podrán ser realizadas hasta que no cambie su grado de recomendación.
- El botón de “siguiente actividad recomendada” que se incluye en la parte inferior del área de contenidos (área ③). En este caso, la actividad que se seleccionará como actividad siguiente será la primera del listado de actividades recomendadas que tenga el usuario en ese momento en el área ①.

El sistema incluye tres actividades como máximo dentro del área de recomendación de la página Web generada para el entorno. Si un usuario tuviera más de tres actividades recomendadas en un determinado momento, podría seleccionar cualquiera de ellas a través de los enlaces de la tabla de actividades (aunque no apareciesen en el área de recomendación). Esta decisión se ha tomado para no sobrecargar al usuario con un exceso de recomendaciones. De esta manera, se consigue por un lado guiar a los usuarios más desorientados con este tipo de entornos y, por otro, flexibilizar el acceso a todas las actividades a través de la tabla a quienes estén más familiarizados con este tipo de entornos.

The screenshot shows a web browser window with the URL `http://tangow.ii.uam.es/comole/NewActivity?T=SwitchTeo`. The interface is divided into several sections:

- Actividades Recomendadas:** A list of recommended activities, with [If. Test](#) highlighted.
- Actividad Actual:** The current activity, **Switch. Teoría**.
- Condicional SWITCH:** The main content area, which includes:
 - A description: "El condicional **switch** permite elegir qué instrucción o bloque de instrucciones se va a ejecutar a continuación de entre k instrucciones o bloques de instrucciones distintos. Se evalúa el resultado de la *expresión*, y se ejecutan las instrucciones que sigan al case cuya *expresiónX* coincida con la del switch, hasta el final de switch (omitiendo los demás case) o hasta que encuentre un **break**."
 - Basic syntax:


```

instrucciónN-1;

switch (expresión) {

    case expresióncte1:

        instrucción1.1;
        instrucción1.2;
        ...;

        break;

    case expresióncte2:

        instrucción2.1;
        instrucción2.2;
        ...;

```
 - A flowchart diagram titled "Y el diagrama de flujo" showing an **EXPRESSION** box leading to multiple **CASE** boxes (C1E. 1, C1E. 2, ..., NINGUNA), each leading to an **INSTRUCCIÓN** box (INSTRUCCIÓN 1, INSTRUCCIÓN 2, ..., INSTRUCCIÓN N).
 - Additional text: "En caso de que ninguna *expresiónX* coincida con la expresión del switch, pueden pasar dos cosas:"
 - Si no existe la sentencia *default*, se sale del switch sin ejecutar ninguna instrucción, y se ejecuta la *instrucciónN+1*.
 - Si existe la sentencia *default*, se ejecutan las instrucciones que siguen al *default*, para después salir del switch y ejecutar la *instrucciónN+1*. Esto es útil para realizar un control de errores.
 - A note at the bottom: "Un error común es olvidar la sentencia **break** al final del bloque de"

Figura 4.29. Captura de una segunda página Web generada por CoMoLE

Otro ejemplo de una página Web generada por CoMoLE se encuentra en la figura 4.29, donde se puede ver que el usuario está realizando la actividad de teoría correspondiente al condicional “switch”. Como actividad recomendada tiene un ejercicio tipo test sobre el condicional “if”. En la tabla de actividades anotada, el primer ejercicio de respuesta libre sobre el condicional “switch” se encuentra anotado como no recomendado (en amarillo) ya que el contexto del usuario no es propicio para realizar esa actividad.

En el caso de las actividades colaborativas, este gestor de contenidos también se encarga de generar el espacio de trabajo colaborativo para dicha actividad seleccionando el enunciado de la actividad y las herramientas que se utilizarán para interactuar y llevar a cabo la actividad. Para ello, el gestor procesa las reglas de herramientas y espacios de trabajo colaborativo y genera el correspondiente espacio de trabajo.

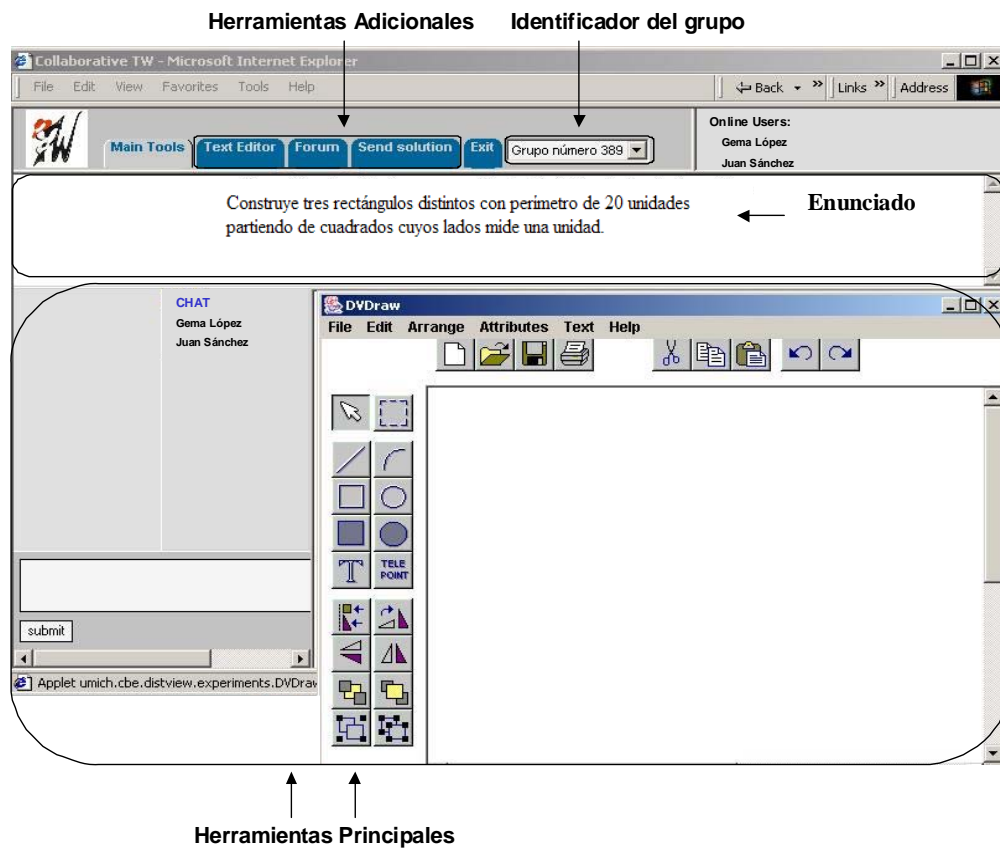


Figura 4.30. Ejemplo de espacio de trabajo colaborativo generado

Un ejemplo de espacio de trabajo generado para la realización de una actividad colaborativa se presenta en la figura 4.30. Este espacio de trabajo se ha generado a partir de reglas de adaptación de espacios de trabajo y reglas de herramientas colaborativas. Recordemos que las reglas de adaptación del espacio de trabajo definen la utilización de un conjunto de herramientas determinado y un enunciado del problema. Por otro lado, las reglas de adaptación de las herramientas colaborativas describen qué herramientas se ofrecerán a los

distintos tipos de usuarios en la interfaz principal y cuáles se les proporcionarán como herramientas secundarias.

En el área superior del espacio de trabajo presentado en la figura 4.30 se muestran las pestañas de acceso a las herramientas adicionales (editor de texto, foro y envío de soluciones). A continuación, debajo de estas pestañas, se encuentra el enunciado de la actividad a realizar. Y por último, en la interfaz principal, se incluyen las herramientas que los estudiantes utilizarán para el desarrollo de la actividad (un *chat* para poder interactuar en tiempo real y un editor gráfico colaborativo genérico).

Otro ejemplo de un editor gráfico colaborativo generado para dar soporte a la realización de actividades relacionadas con un curso de “Geometría”, creado mediante la herramienta descrita en la sección 4.2.1 se muestra en la figura 4.31. Esta interfaz ha sido generada para un estudiante novel que tiene asignado el rol de líder en su grupo de trabajo. Como se puede observar, consta de cinco áreas, donde cada una de ellas contiene:

- La lista de tareas a realizar por el estudiante a través de ese editor (área ①).
- El enunciado de la tarea actual (área ②).
- La barra de herramientas con los elementos gráficos a utilizar para componer la solución de la tarea. Además, se incluyen otros iconos para permitir mover un elemento, cambiarlo de tamaño o borrarlo dentro del editor colaborativo. Por último, si el usuario tiene asociado el rol de líder del equipo de trabajo, la barra de herramientas también incluye un botón que permite marcar la actividad como finalizada. Esta barra de herramientas se encuentra situada en la parte izquierda del espacio de trabajo colaborativo (③ en la figura 4.31).
- El área de trabajo compartida en el editor gráfico colaborativo, que está situada en el área principal ④.
- Por último, en la parte inferior (área ⑤), se muestran mensajes de información relacionados con la actividad en el editor colaborativo (por ejemplo, conexiones de compañeros del mismo grupo de trabajo, acciones sobre componentes en el área de trabajo compartida, etc.).

Esta herramienta gestiona también las acciones realizadas por los usuarios y almacena continuamente el estado del área de trabajo compartida para cada actividad y grupo de trabajo.

Cuando los usuarios están trabajando sobre la solución de una actividad colaborativa, pueden realizar distintas acciones sobre el área de trabajo compartida: i) insertar un nuevo elemento, ii) seleccionar, mover o cambiar un elemento ya insertado, o iii) borrar un elemento. Los resultados de cada una de estas acciones se muestran inmediatamente a

todos los miembros del grupo dentro del área de mensajes, situada al pie de la página (área ⑤ en la figura 4.31).

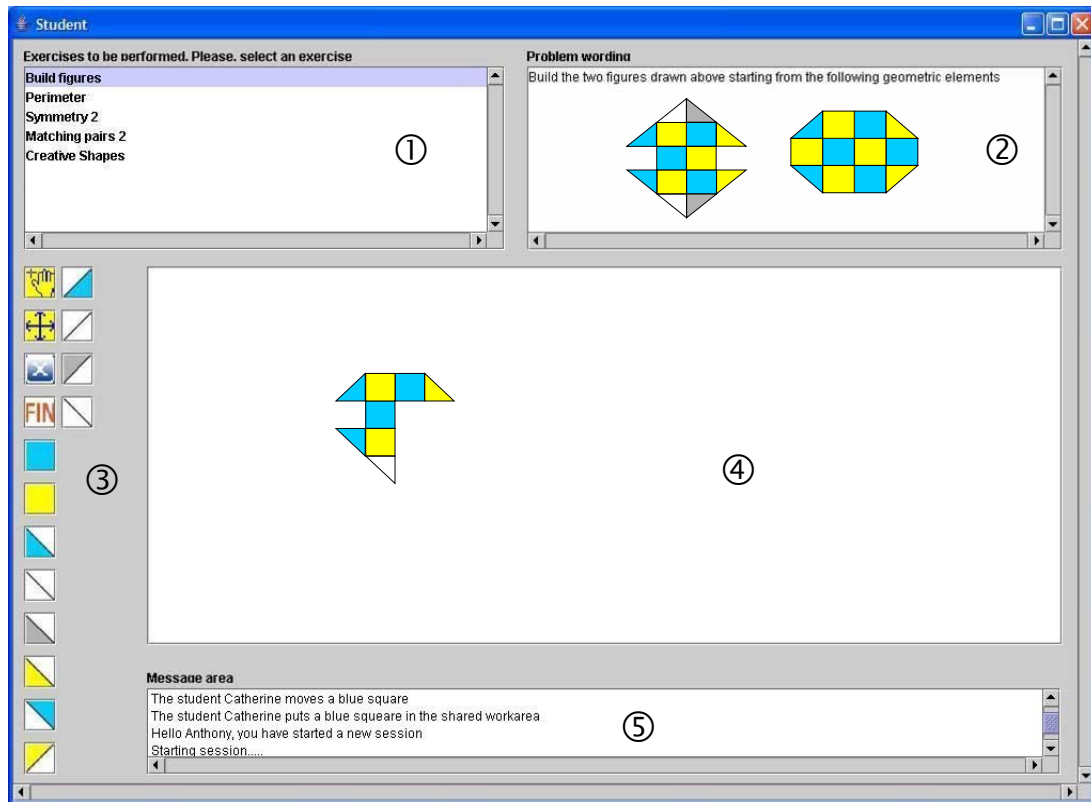


Figura 4.31. Captura de editor gráfico colaborativo específico generado

Además, los líderes de los grupos de trabajo pueden marcar una actividad como finalizada pulsando el botón de “Fin” incluido en su barra de herramientas. A partir de este momento, se informará al resto de compañeros del grupo de trabajo de la finalización de la actividad en un periodo de cinco minutos. Una vez que este periodo de tiempo pase, la actividad se anotará como finalizada y ningún miembro del grupo podrá modificar la solución de la misma.

El responsable del entorno también puede finalizar una actividad cuando lo considere oportuno a través de la herramienta de configuración descrita en la sección 4.2.1. Otra de las opciones de esta herramienta de autor consiste en permitir monitorizar las acciones que los usuarios están realizando, visualizando el contenido del área de trabajo compartida de cada uno de los grupos de trabajo o guardándolo en ficheros *pdf* para su posterior evaluación. En la figura 4.32 se muestra una captura de una de estas pantallas mostrada al responsable del entorno.

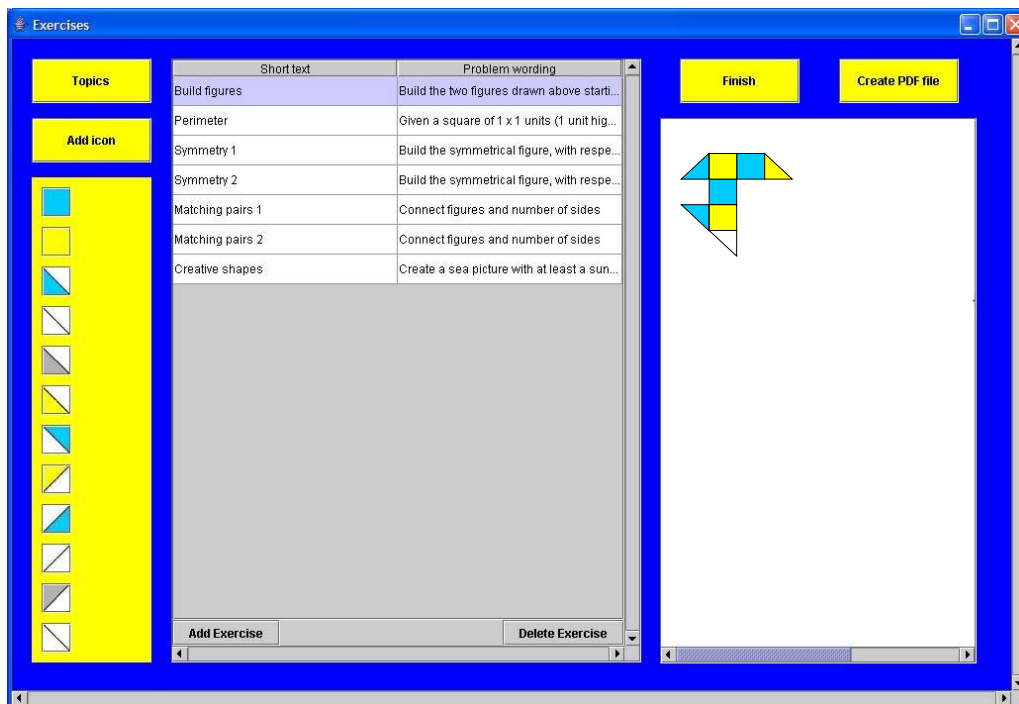


Figura 4.32. Monitorización de las acciones de los estudiantes cuando interactúan con editores gráficos colaborativos configurables

Al igual que la herramienta de autor, la implementación del sistema CoMoLE ha sido realizada en lenguaje Java. Este sistema utiliza una librería común a la herramienta de autor que contiene elementos y funcionalidades comunes a ambas aplicaciones. Además, se ha utilizado la librería externa **jdom** [Jdom] en ambas aplicaciones para realizar manipulaciones de datos XML optimizados para código Java. Por otra parte, para la herramienta de creación de editores gráficos colaborativos configurables se ha utilizado la librería **iText** [Itext] para dar soporte a la generación de ficheros PDF con las soluciones proporcionadas por los usuarios en las actividades colaborativas.

CAPÍTULO 5:

Evaluación

Con el objetivo de comprobar el impacto y la utilidad de la propuesta en entornos adaptativos móviles reales, se llevaron a cabo dos casos de estudio con usuarios de Ingeniería Informática de la Universidad Autónoma de Madrid. Se crearon dos entornos de aprendizaje móvil, uno para el apoyo al estudio de la asignatura de “Estructuras de Datos de la Información I” (en adelante, EDI1) y otro para el apoyo al estudio de “Sistemas Operativos I” (en adelante, SO1), correspondientes a primer y segundo curso respectivamente. Ambas asignaturas se imparten durante el segundo cuatrimestre del curso.

Los alumnos utilizaron estos entornos como recursos educativos adicionales a las clases de teoría y prácticas que se impartían presencialmente. Para cada uno de los entornos se definieron distintas actividades de aprendizaje de acuerdo al programa de cada asignatura. El sistema CoMoLE dio soporte a la recomendación y realización de actividades en ambos entornos.

Estos dos casos de estudio ofrecieron retroalimentación sobre: la preferencia de sistemas de recomendación frente a sistemas sin ningún tipo de adaptación; la utilidad de recomendaciones basadas tanto en las características personales de los estudiantes de Ingeniería Informática de estos cursos como en el contexto en el que se encuentran; la calidad de las recomendaciones ofrecidas; el seguimiento de las recomendaciones sugeridas por el sistema; la (in)conveniencia de utilizar distintos dispositivos para realizar estas actividades específicas; la adecuación de la adaptación de las versiones de contenidos a los perfiles de los estudiantes y al dispositivo que estaban utilizando; la facilidad de uso del sistema; la influencia del sistema en la organización del tiempo de estudio; la intención de los alumnos de volver a utilizar el sistema; cómo se sintieron trabajando con estos nuevos entornos de recomendación; sus opiniones sobre la experiencia y posibles mejoras a realizar sobre el sistema.

Los estudiantes de ambas asignaturas dieron su opinión sobre el sistema y facilitaron comentarios sobre distintos aspectos de estos entornos de recomendación. Esta información fue recopilada a través de formularios mientras se encontraban interactuando con el entorno de aprendizaje móvil, y también mediante una encuesta detallada sobre su experiencia con el sistema.

A continuación, se describen las características de los entornos de aprendizaje creados para cada una de las asignaturas, y se ofrecen detalles de uso y participación de los estudiantes. Además se presentan los resultados sobre la adecuación de las

recomendaciones ofrecidas por el sistema en ambas experiencias y las opiniones de los estudiantes, incluyendo las valoraciones y comentarios que los estudiantes contestaron a través de la encuesta.

5.1. Casos de estudio

En esta sección se describen las características generales de las asignaturas “Estructuras de Datos de la Información I” (EDI1) y “Sistemas Operativos I” (SO1) de Ingeniería Informática de la Universidad Autónoma de Madrid, así como de los entornos desarrollados.

El número de estudiantes matriculados en las asignaturas EDI1 y SO1 durante el curso 2007/08 fue 285 y 230 estudiantes respectivamente. Los entornos de aprendizaje móvil creados para ambas asignaturas se pusieron a disposición de los alumnos una semana antes de finalizar las clases presenciales del segundo cuatrimestre. Se explicó su funcionamiento en unos 5 minutos de clase, y el uso de ambos entornos fue totalmente voluntario. Estos entornos fueron utilizados por 135 estudiantes en EDI1 y por 160 alumnos en SO1 (47% y 69% de participación con respecto a los estudiantes matriculados, respectivamente). La fecha del examen final de la asignatura EDI1 fue el 6 de junio, siendo el 23 de junio para SO1. Por tanto, los estudiantes de EDI1 tuvieron menos tiempo para poder interactuar con el entorno de aprendizaje y realizar actividades dentro del mismo antes del examen. Además, fueron los primeros estudiantes que utilizaron el entorno (pensamos que porque su examen era antes) y detectaron algunos pequeños errores con el entorno de recomendación. Gracias a sus comentarios, estos problemas fueron solucionados rápidamente.

Con el objetivo de motivar a los estudiantes a que se conectaran a estos entornos y de permitirles que se beneficiaran del proceso de recomendación de actividades basado en su contexto, se prestaron 20 PDAs a los estudiantes que no tenían una propia.

El entorno creado para la asignatura “Estructura de Datos y de la Información I” se centra en actividades de aprendizaje relacionadas con estructuras de datos y programación en lenguaje C. Estas actividades se corresponden con la tercera parte del temario de la asignatura. Los profesores habían explicado previamente cada uno de los temas en clase. Los rasgos de adaptación definidos para este entorno de aprendizaje son el estilo de aprendizaje de los estudiantes (dimensiones visual-verbal, activo-reflexivo y sensorial-intuitivo) y su contexto (dispositivo utilizado, tiempo disponible y localización física). El temario de la asignatura “Sistemas Operativos I” consta de nueve temas. El entorno de aprendizaje ofrecido para dicha asignatura incluye actividades correspondientes a uno de los temas (“Gestión de Memoria”). Los rasgos de adaptación a tener en cuenta para realizar

la recomendación de actividades y contenidos en este entorno fueron las mismas tres dimensiones de los estilos de aprendizaje de los estudiantes y los mismos rasgos de adaptación de contexto utilizados en EDI1.

Ambos entornos contienen actividades para permitir al estudiante reforzar el aprendizaje de conceptos teóricos y procedimientos (mediante el estudio de contenidos), revisar ejemplos, practicar con ejercicios tipo test y cuestiones de respuesta libre, y realizar actividades de repaso cuando el alumno tenga dificultades con la asimilación de ciertos contenidos. En el caso de la asignatura “Sistemas Operativos”, también se incluye la realización de una actividad colaborativa usando un recurso externo [Sicopata], que es activado a través de CoMoLE. La decisión de no proponer a los estudiantes actividades colaborativas donde tanto las herramientas como el enunciado fueran adaptados a cada estudiante fue tomada por los profesores de la asignatura, ya que no se quería sobrecargar a los estudiantes con un exceso de actividades en poco tiempo, siendo el principal objetivo ver si las recomendaciones basadas en las características personales de los estudiantes y en el contexto en el que se encontraban eran adecuadas, si el mecanismo de recomendación funcionaba apropiadamente y si el entorno era aceptado por los estudiantes como apoyo al estudio de la asignatura.

En ambos entornos se incluyen actividades atómicas y actividades compuestas. Estas últimas son utilizadas solamente con fines estructurales, para poder organizar las distintas actividades atómicas, por lo que no tienen ningún contenido asociado. El entorno de EDI1 consta de 133 actividades diferentes, de las cuales 95 son atómicas. En el caso de SO1, hay 79 actividades atómicas distintas de las 91 que componen el conjunto total para este entorno. Además, se definieron varias reglas estructurales para especificar el modo en que se proporcionan las guías de navegación a los estudiantes de acuerdo a la dimensión sensorial-intuitivo de su estilo de aprendizaje.

Las actividades y los contenidos son recomendados a los estudiantes de acuerdo a los rasgos de adaptación considerados en cada asignatura, considerando también información dinámica sobre las acciones realizadas por los estudiantes mientras interactúan con el entorno, tales como actividades realizadas o resultados en los ejercicios.

Para ambos entornos de aprendizaje se definieron filtros generales de contexto, los cuáles especifican el tiempo mínimo disponible que se estima necesario para la realización de ejercicios de respuesta libre y actividades colaborativas. Este tiempo mínimo se estableció de con distintos valores en función del estilo de aprendizaje de los estudiantes, variando la exigencia en función de este parámetro. En la figura 5.1 se presenta el fichero con la configuración del filtro general de contexto aplicado en el entorno EDI1. Como se puede observar en la figura, los ejercicios de respuesta libre y las actividades colaborativas (etiqueta <type> al final del fichero) se recomiendan a alumnos con estilo de aprendizaje

activo cuando disponen al menos de diez minutos (primera condición en el fichero), mientras que para estudiantes reflexivos el tiempo mínimo exigido para la recomendación es de veinte minutos (segunda condición en el fichero), según criterio del profesor.

```
- <ContextRules id="EDI1">
- <ctxRule id="1" recom="false">
- <compcond op="O">
- <compcond op="A">
- <cond type="s">
  <name>Activref</name>
  <op>=</op>
  <value>active</value>
</cond>
- <cond type="n">
  <name>Time</name>
  <op><</op>
  <value>10</value>
</cond>
</compcond>
</compcond>
- <compcond op="A">
- <cond type="s">
  <name>Activref</name>
  <op>=</op>
  <value>reflective</value>
</cond>
- <cond type="n">
  <name>Time</name>
  <op><</op>
  <value>20</value>
</cond>
</compcond>
</compcond>
<type>short_text</type>
<type>collaborative</type>
</ctxRule>
</ContextRules>
```

Figura 5.1. Filtro general de contexto aplicado en la asignatura EDI1

También se especificaron restricciones individuales de realización de ciertas actividades. Estas restricciones contemplan fechas de inicio en la que determinadas actividades comienzan a estar disponibles para los alumnos, y dispositivos requeridos para la realización de ciertas actividades colaborativas¹.

Cuando se llevaron a cabo estos dos casos de estudio, el módulo de recomendación basada en las acciones de otros usuarios (utilizando modelos de Markov) todavía no estaba implementado por completo. Por tanto, en ambos casos las recomendaciones se basaron en reglas. Actualmente dicho módulo sí se encuentra implementado, y se ha realizado ya una clasificación de los usuarios que interactuaron con ambos entornos, en función de sus características personales y de los contextos en que estaban cuando se conectaron al sistema, basándose en los datos recogidos. Además, se han obtenido los grafos de recorridos correspondientes a los rasgos de adaptación que se tuvieron en cuenta en ambos

¹ Todos los ficheros generados por la herramienta de autor para representar la información sobre los distintos elementos de los dos entornos creados se encuentran en el CD que se adjunta con esta memoria.

casos de estudio. Esta clasificación, así como los grafos de recorridos, se encuentra disponible para ser utilizada por el nuevo módulo de recomendación durante el próximo curso. Para la clasificación se han utilizado 295 ficheros históricos del sistema, y se han obtenido 32 clases de usuarios correspondientes a las combinaciones de los valores de cada uno de los rasgos de adaptación que se consideraron en este entorno. En este cálculo, se han tenido en cuenta los dos valores posibles de cada una de las dimensiones consideradas de los estilos de aprendizaje de los alumnos (sensorial-intuitivo, activo-reflexivo). Los posibles valores de los dispositivos han sido agrupados en dos categorías: dispositivos móviles y ordenadores. Por último, los posibles valores para el atributo tiempo disponible se han agrupado en cuatro categorías: menos de media hora, entre treinta minutos y una hora, de una a dos horas, y más de dos horas.

Durante el proceso de recomendación, CoMoLE genera dinámicamente las páginas a mostrar a los distintos estudiantes. A continuación se presentan algunos ejemplos de páginas generadas para distintos estudiantes cuando accedieron a los entornos descritos desde distintos contextos. En ellas se pueden observar las distintas recomendaciones ofrecidas por el sistema en función de sus características personales, acciones previas y contexto. La adaptación del entorno comprende adaptación de actividades, espacios de trabajo y guía de navegación.

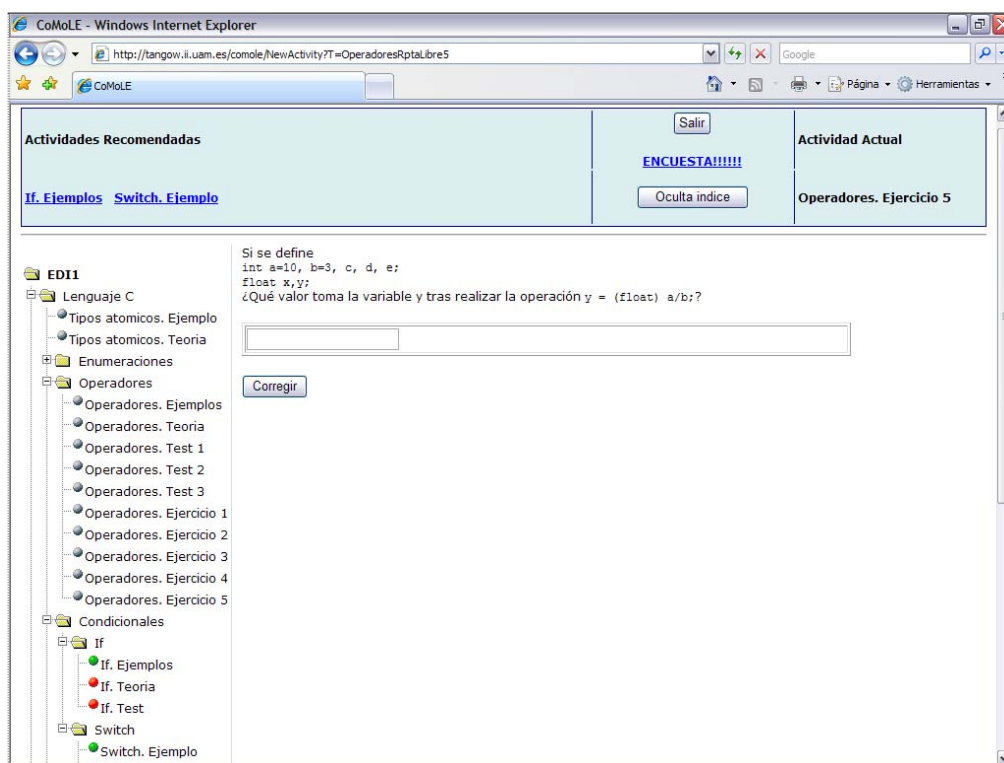


Figura 5.2. Primer ejemplo de página generada en el entorno ED11

En la figura 5.2 se muestra la pantalla generada para un estudiante de EDI1 con estilo de aprendizaje activo, verbal y sensorial. Este estudiante se encuentra realizando el quinto ejercicio de respuesta libre del bloque de operadores, como se indica en la parte superior derecha de la pantalla. En la tabla de actividades anotada, se puede observar el resultado de adaptar la guía de navegación ofrecida entre las actividades a la dimensión sensorial-intuitivo de su estilo de aprendizaje, de tal manera que las actividades de tipo ejemplo son propuestas antes que las explicaciones teóricas. Además, se observa que las actividades propuestas como recomendadas para realizar en el siguiente paso son los ejemplos de las estructuras condicionales “if” y “switch”; estas actividades se proponen como actividades recomendadas en el área de recomendación (parte superior izquierda de la página) y se encuentran también recomendadas en la tabla de actividades presentada en la izquierda de la página, donde se encuentran anotadas con color verde.

The screenshot displays the SO1 interface with a sidebar on the left containing a tree view of activities. The main area is titled 'Paginación Simple' and 'Ejemplos de ubicación de páginas'. It includes three tables: 'Mapa del proceso', 'Tabla de páginas', and 'Memoria'. The 'Mapa del proceso' table shows a mapping of pages to memory addresses. The 'Tabla de páginas' table shows a mapping of memory frames to pages. The 'Memoria' table shows the current state of memory frames. The interface also includes buttons for 'Salir', 'ENCUESTA!!!!!!', and 'Oculta indice'.

Proceso	Página
0	Página 0
1024	Página 1
2048	Página 2
3072	Página 3

Marco	Página
Marco N	
Marco 2	
Marco 0	
Marco 3	

Marco	Página
Marco 0	Página 2
Marco 1	
Marco 2	Página 1
Marco 3	Página 3
Marco 4	
Marco N	Página 0

En este ejemplo se supone un tamaño de página de 1024.

Como se puede observar, dos direcciones lógicas contiguas que pertenezcan a la misma página, serán también contiguas en el espacio destino. Sin embargo, si las dos direcciones lógicas contiguas se corresponden con el final de una página y el principio de la siguiente, no estarán contiguas en el espacio destino.

Esta reubicación no lineal consume muchos más recursos que una lineal, tanto en espacio, por el uso de la tabla de páginas, como en tiempo, por la complejidad del mecanismo de traducción.

Figura 5.3. Ejemplo con actividades recomendadas y no recomendadas en SO1

En las figuras 5.3 y 5.4 se puede observar el resultado de la aplicación de filtros generales de contexto dentro del proceso de recomendación de actividades. La figura 5.3 muestra la página generada para un estudiante con estilo de aprendizaje reflexivo y visual que ha accedido al entorno “SO1” desde casa con su ordenador personal y dispone de diez minutos para realizar actividades. Como se puede observar, el sistema genera una página con varias actividades recomendadas para el usuario en esta situación (marcadas en color verde en la tabla anotada de actividades). De éstas, se seleccionan tres para mostrar en la

parte de arriba de la página, como actividades recomendadas. Debido a la aplicación de los filtros generales de contexto mostrados en el fichero XML de la figura 5.1, las actividades correspondientes a ejercicios de respuesta libre y a las actividades colaborativas son anotadas en color amarillo, ya que, aun estando disponibles en principio, no son adecuadas para ese usuario en ese contexto, debido a que el usuario no tiene tiempo suficiente para poder realizarlas. CoMoLE no impide la realización de estas actividades anotadas en amarillo, pero advierte al usuario mediante la anotación de que no son adecuadas dado su contexto. En este caso, al existir varias actividades recomendadas, normalmente el usuario seguirá las recomendaciones del sistema. En este caso particular, el usuario ha seleccionado la primera actividad recomendada en la barra superior de la página, y los contenidos correspondientes son mostrados en la página.

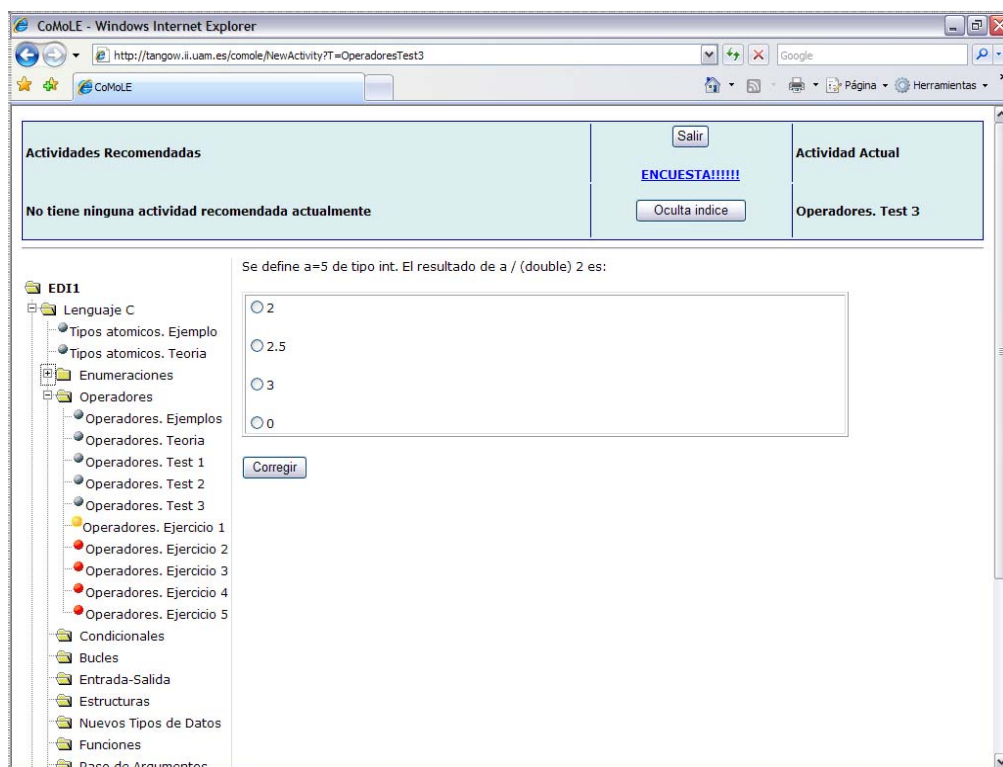


Figura 5.4. Ejemplo con actividades no recomendadas en EDI1

Sin embargo, también podría ocurrir que el usuario no tuviese ninguna actividad recomendada especialmente en un momento determinado, como es el caso del ejemplo presentado en la figura 5.4. Este ejemplo se corresponde con otro usuario, cuyo estilo de aprendizaje es visual y reflexivo, que ha accedido al entorno “EDI1”. Este usuario se encuentra trabajando con su ordenador personal desde su casa y tiene diez minutos disponibles para realizar actividades. Como se puede ver en la figura 5.4., el usuario está realizando el tercer ejercicio tipo *test* de la parte de operadores. En la parte superior de la pantalla, CoMoLE indica al usuario que no tiene ninguna actividad más recomendada en

ese momento. La única actividad que tiene disponible, pero anotada como no recomendada en ese contexto, es un ejercicio de respuesta libre sobre operadores (que no se recomendará a estudiantes con estilo reflexivo que no tengan más de 20 minutos de tiempo disponible debido al filtro general de contexto mostrado anteriormente en la figura 5.1). En esta situación, el usuario puede pulsar sobre el enlace anotado en amarillo para realizar el ejercicio de respuesta libre marcado como no recomendado en ese contexto o bien repasar cualquiera de las actividades realizadas previamente, que siempre se encuentran accesibles (anotadas en negro).

Además, en ambos entornos de aprendizaje, los contenidos multimedia se han adaptado al estilo de aprendizaje de los estudiantes y al dispositivo que utilizado en cada momento. Por un lado, los contenidos presentados a los estudiantes con estilo de aprendizaje visual contienen más imágenes y explicaciones gráficas, y menos texto. Por el contrario, las versiones de contenidos orientadas a estudiantes con estilo de aprendizaje verbal contienen explicaciones textuales más detalladas.

En el entorno “SO1” se utilizan diferentes hojas de estilos en cascada para adaptar los contenidos presentados al dispositivo utilizado por los estudiantes. Se definieron dos hojas de estilo, una para PDAs y otra para ordenadores personales o portátiles. Además, para ambas asignaturas, la versión de contenidos utilizada para ordenadores personales se dividió en varias páginas para construir pequeñas versiones de contenidos con una longitud adecuada a PDAs, de forma que los alumnos puedan visualizar los contenidos de una forma apropiada cuando utilizan sus PDAs.

Las figuras 5.5 y 5.6 presentan algunos ejemplos de páginas y contenidos mostrados a estudiantes cuando estaban utilizando PDAs. La figura 5.5 muestra la página generada para un estudiante que está realizando una actividad teórica sobre constantes enumeradas. Se puede ver que la tabla de actividades anotada no se muestra en la parte izquierda de la página; sin embargo, si el estudiante desea verla, sólo debe pulsar sobre el botón “Muestra índice” de la parte superior de la página generada. De esta manera, los contenidos de la actividad actual serán ocultados y se mostrará el índice de actividades para ofrecer al estudiante una visión general de las actividades del entorno al que se ha conectado.

En la figura 5.6 se muestran dos ejemplos de los contenidos mostrados a los usuarios cuando interactúan con el sistema a través de una PDA. La parte izquierda de la figura muestra la segunda pantalla de los contenidos de una actividad teórica sobre constantes enumeradas, que es continuación de los contenidos mostrados en la figura 5.5. La parte derecha muestra los contenidos de un ejercicio tipo test de constantes enumeradas. Dichos contenidos son adaptados al dispositivo, de tal manera que se evite o minimice el uso de las barras de desplazamiento (como se puede ver en la figura, en estos casos el desplazamiento necesario no es considerable).

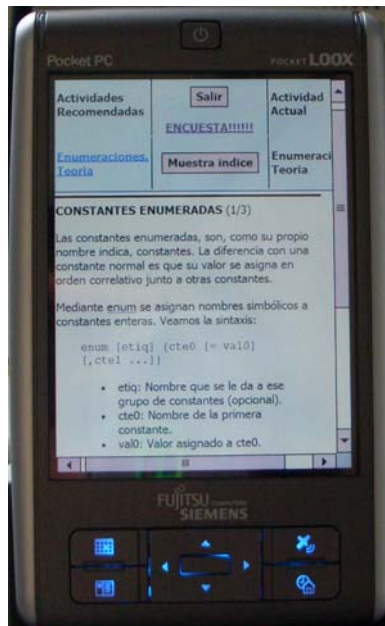


Figura 5.5. Ejemplo de página generada para un alumno que utiliza una PDA

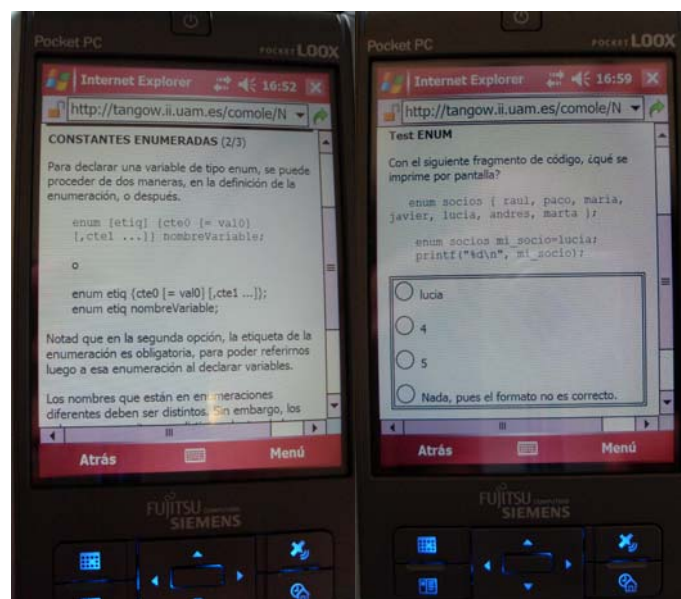


Figura 5.6. Ejemplo de contenidos mostrados a los estudiantes cuando usan una PDA

5.2. Resultados y discusión de los casos de estudio

Antes de mostrar y comentar los resultados obtenidos, se presenta un resumen de algunos datos de acceso a los entornos desarrollados mediante CoMoLE. Como se observa en la tabla 5.1, los porcentajes de participación fueron del 47% en EDI1 y del 69% en SO1, del total de estudiantes matriculados. El número de actividades que se realizaron a través de estos entornos fue 4387 en “Estructuras de Datos y de la Información I” y 6101 en

“Sistemas Operativos I”. La media de actividades atómicas realizadas por estudiante fue de 33 actividades en EDI1 y de 39 actividades en SO1, de las 95 y 79 actividades atómicas que contenían dichas asignaturas respectivamente. Los alumnos de segundo curso realizaron más actividades en media que los estudiantes de primer curso (49% frente a 35% de actividades realizadas por alumno). Por último, los estudiantes de primer curso estuvieron en media 63 minutos realizando actividades en el sistema. Sin embargo los estudiantes de “Sistemas Operativos I” pasaron una media superior a las 3 horas en total interactuando con el entorno. Como cabía esperar, en “Sistemas Operativos I” se ha registrado una mayor actividad, dado que el tiempo entre la puesta a disposición de los usuarios de los entornos y el examen de la asignatura fue mayor.

Tabla 5.1. Información sobre el uso de CoMoLE en las asignaturas de EDI1 y SO1

	EDI1	SO1
Estudiantes matriculados	285	230
Estudiantes que utilizaron CoMoLE	135	160
Número de actividades atómicas por cada asignatura	95	79
Total de actividades atómicas realizadas por los estudiantes	4387	6101
Número medio de actividades atómicas realizadas por estudiante	33	39
Número de accesos a los entornos de aprendizaje	190	381
Total de minutos realizando actividades	8317	29935
Media de minutos por estudiante realizando actividades	63	191

En la tabla 5.2 se muestra la información obtenida tras un filtrado de datos en el que se ha eliminado el ruido de aquellos datos asociados a estudiantes que realizaron un porcentaje de actividades atómicas inferior o igual al 10% de las actividades atómicas especificadas en cada uno de los entornos. Como se puede observar, en el caso de EDI1 el número de estudiantes que quedó para el análisis tras el filtrado de datos fue 85. En SO1 quedaron 119 estudiantes a considerar. El número medio de actividades realizadas por estudiante baja sólo en una actividad en ambos entornos, y el tiempo medio que los estudiantes estuvieron realizando actividades de aprendizaje a través del sistema baja muy levemente en el caso de los estudiantes de segundo curso (189 frente a 191 sin el filtrado).

En ambos entornos de recomendación, los estudiantes dieron su opinión sobre las recomendaciones ofrecidas por CoMoLE. Los alumnos pudieron expresar su opinión mientras interactuaban con el entorno de aprendizaje y también al finalizar el estudio de cada una de las asignaturas.

Tabla 5.2. Información filtrada sobre el uso de CoMoLE en las asignaturas de EDI1 y SO1

	EDI1	SO1
Estudiantes eliminados	50	41
Estudiantes considerados en esta situación	85	119
Número de actividades atómicas por cada asignatura	95	79
Total de actividades atómicas realizadas por los estudiantes	4259	6015
Número medio de actividades atómicas realizadas por estudiante	32	38
Número de accesos a los entornos de aprendizaje	172	370
Total de minutos realizando actividades	8275	29617
Minutos de media por estudiante realizando actividades	63	189

Tras cada una de las recomendaciones ofrecidas por el entorno, se les preguntó si creían que era apropiada. Con el objetivo de dar soporte a este tipo de opiniones, el gestor de contenidos incluyó la pregunta “¿Consideras que la recomendación actual fue adecuada?” al final del área de contenidos de la página generada dinámicamente para cada estudiante en cada paso. Los alumnos podían seleccionar una de las siguientes opciones: “sí”, “no” y “no sabe, no contesta”, siendo esta última respuesta la que el sistema ofrecía por omisión (ver “--” en la figura 5.7). CoMoLE almacena, junto con la opción elegida por el usuario, las recomendaciones que se le ofrecieron y la actividad que realizó, para poder analizar los datos al finalizar el estudio. Sin embargo, previendo que los estudiantes podrían considerar una tarea tediosa el dar su opinión en cada uno de los pasos, y para poder recabar más información, se incluyó una encuesta disponible a través del entorno para que pudieran expresar su opinión personal sobre el sistema de una manera libre. Esta encuesta estuvo disponible mientras los alumnos interactuaban con el entorno, aunque la mayoría expresó su opinión sobre la experiencia después de realizar los exámenes de ambas asignaturas.

Las tablas 5.3 y 5.4 muestran los datos almacenados sobre el número de veces que los estudiantes opinaron que una recomendación ofrecida sí fue adecuada, las veces que dijeron que no y las veces en que no contestaron. Estos datos están tomados de la retroalimentación ofrecida por los estudiantes tras cada recomendación. La tabla 5.3 muestra los datos correspondientes al entorno “EDI1”, mientras que la tabla 5.4 presenta la información para “SO1”. Ambas muestran el total del número de respuestas dadas por cada una de las posibles opciones de selección hasta una determinada fecha.

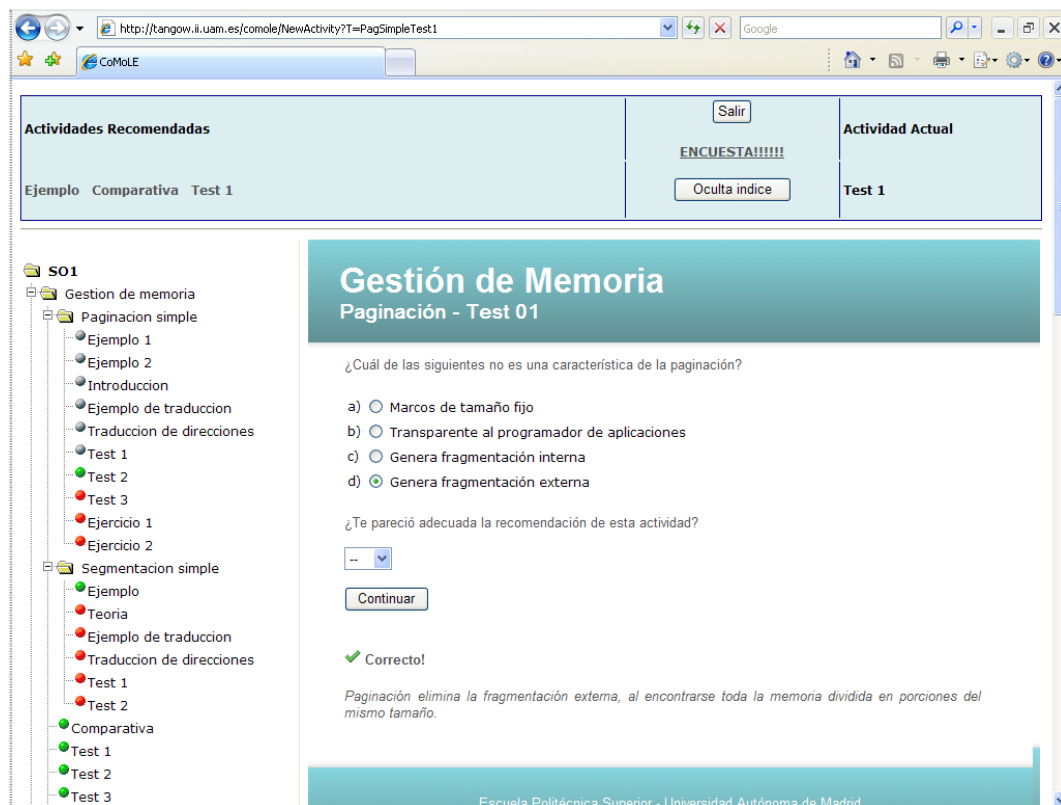


Figura 5.7. Ejemplo de pregunta sobre la adecuación de la recomendación de una actividad

Tabla 5.3. Respuestas sobre la adecuación de las recomendaciones en EDI1

Fecha	Sí	No	No sabe, no contesta
Hasta el 29/05/2008	61	3	190
Hasta el 30/05/2008	122	8	441
Hasta el 02/06/2008	269	15	869
Hasta el 03/06/2008	352	20	1183
Hasta el 06/06/2008	614	39	2891

Con el objetivo de analizar las opiniones de los estudiantes presentadas en estas dos tablas sobre las recomendaciones ofrecidas, es importante recordar que ambos entornos estuvieron disponibles a finales del mes de mayo, y que el examen final de “Estructuras de Datos y de la Información I” fue el 6 de junio, siendo el 23 de junio el de “Sistemas Operativos”.

Como puede observarse en ambos estudios, hay un gran incremento de “No sabe, no contesta” en los días previos del examen final. Antes de recibir retroalimentación más detallada de las encuestas realizadas a los estudiantes, se piensa que este incremento podría deberse a que los estudiantes estaban preocupados por realizar todas las actividades incluidas dentro de estos entornos rápidamente, para poder practicar para el examen final, sin tiempo suficiente para dar su opinión sobre la adecuación de la recomendación.

Tabla 5.4. Respuestas sobre la adecuación de las recomendaciones en SO1

Fecha	Sí	No	No sabe, no contesta
Hasta el 28/05/2008	42	2	63
Hasta el 29/05/2008	53	4	70
Hasta el 30/05/2008	91	5	84
Hasta el 02/06/2008	108	8	113
Hasta el 03/06/2008	112	8	113
Hasta el 06/06/2008	163	15	177
Hasta el 13/06/2008	253	32	374
Hasta el 17/06/2008	280	36	546
Hasta el 18/06/2008	330	50	751
Hasta el 19/06/2008	359	54	815
Hasta el 22/06/2008	617	89	2393
Hasta el 23/06/2008	657	98	2613

En ambos casos se observa una gran falta de retroalimentación por parte de los estudiantes. Sin embargo, si comparamos únicamente las opciones sí y no entre ellas, hay muchos más estudiantes que consideran adecuadas las recomendaciones que realiza este sistema basadas en su contexto y en sus características personales: el 94,3% frente a un 5,7% en “EDI1”; y el 87% frente al 13% en “SO1”. La tabla 5.5 muestra los porcentajes de los resultados finales obtenidos en cada uno de los entornos.

Tabla 5.5. Resultados finales sobre la adecuación de las recomendaciones

	Sí	No	No sabe, no contesta
Estructuras de Datos y de la Información I	23%	1%	76%
Sistemas Operativos I	29%	4%	67%

Con el objetivo de averiguar qué sucedió en los casos en los que las recomendaciones fueron anotadas como “inadecuadas”, se analizaron los datos sobre la recomendación realizada a los estudiantes en estos casos, en qué contexto se encontraban y sus características personales. El objetivo principal fue obtener explicaciones sobre qué tipo de estudiantes consideraban la recomendación no apropiada y su contexto en el momento de la recomendación, para obtener información sobre la posibilidad de tener que modificar algún criterio de recomendación.

El primer paso para realizar este análisis consistió en buscar qué actividades se propusieron en las recomendaciones que fueron consideradas como inapropiadas por los estudiantes, y cuántos estudiantes consideraron la recomendación inadecuada. A partir de

estos datos, se creó una lista (para cada uno de los entornos) de actividades que aparecían en las recomendaciones inadecuadas.

En el caso de “EDI1”, este listado contenía 22 actividades de las 95 actividades atómicas que incluía este entorno. Sin embargo, sólo 8 fueron consideradas como inadecuadas por más de un estudiante. Las recomendaciones marcadas como inapropiadas estaban relacionadas con actividades cuyos contenidos eran fundamentales. Por ejemplo, la actividad con ejemplos sobre tipos atómicos en lenguaje C, se consideró como inadecuada en 7 ocasiones. Sólo este caso representa el 18% de las recomendaciones marcadas como inadecuadas en esta asignatura. Otras actividades que fueron consideradas como inadecuadas fueron la teoría de tipos atómicos en C y la teoría de las sentencias condicionales “if” y “switch”; ejemplos de uso de distintos operadores y diferentes bucles en C; y por último, actividades de repaso que se propusieron sólo a los estudiantes que obtuvieron resultados bajos cuando resolvieron los ejercicios tipo test y los ejercicios de respuesta libre en las actividades correspondientes a sentencias condicionales y bucles.

En el entorno “SO1”, las actividades involucradas en las recomendaciones que se marcaron como inadecuadas con más frecuencia también estaban relacionadas con actividades cuyos contenidos eran básicos. Aparte de actividades teóricas y ejemplos relacionados con los conceptos de “Paginación” y “Segmentación simple”, algunos ejercicios tipo test relacionados con conceptos básicos de “Gestión de memoria” se marcaron como inapropiados. Del conjunto completo de actividades atómicas de este entorno (79), hubo 23 actividades marcadas como inapropiadas por más de un estudiante.

Con el objetivo de saber si existe algún tipo de relación entre las recomendaciones anotadas como inadecuadas, el contexto en que se propusieron, y las características de los usuarios que realizaron esas anotaciones, se analizó toda la información almacenada en el sistema sobre las dos actividades marcadas como inapropiadas en más ocasiones por los estudiantes. Estas actividades son “AtomicosEjem” (ejemplos de tipos atómicos en EDI1) y “Mem_Test2”, un test sobre gestión de memoria en SO1.

La tabla 5.6 muestra la información almacenada sobre los estudiantes que marcaron la actividad de ejemplos de tipo atómicos de “EDI1” como inapropiada. Esta actividad es la primera que se recomienda a los estudiantes de estilo de aprendizaje sensorial y la segunda que deben realizar los estudiantes con estilo de aprendizaje intuitivo, independientemente del contexto en el que se encuentren. Siete estudiantes marcaron dicha actividad como inadecuada frente a otros cuarenta y cinco que la marcaron como adecuada.

Como puede verse en la tabla, el contexto en que se encontraban los usuarios cuando se les propuso la actividad era diferente. Sin embargo, todos los estudiantes eran de estilo de aprendizaje sensorial. Si analizamos las características de los estudiantes que anotaron la

misma actividad como apropiada, tenemos que 39 de ellos también eran de estilo de aprendizaje sensorial y sólo 6 eran intuitivos. Por tanto, parece ni los estilos de aprendizaje de los estudiantes ni el contexto en el que se encontraban han sido factores determinantes a la hora de marcar dicha actividad como inapropiada.

Tabla 5.6. Información sobre las características personales y el contexto de los usuarios que consideraron inadecuada la actividad “AtomicosEjem”

Usuarios	Estilos de aprendizaje	Rasgos de contexto
Usuario1	Visual, global, activo, sensorial	Pc, 30 minutos, casa
Usuario2	Visual, global, reflexivo, sensorial	Pc, 20 minutos, casa
Usuario3	Verbal, secuencial, reflexivo, sensorial	Pc, 10 minutos, casa
Usuario4	Visual, secuencial, activo, sensorial	Pc, 4 horas, otros
Usuario5	Visual, global, reflexivo, sensorial	Pc, 10 minutos, casa
Usuario6	Visual, secuencial, reflexivo, sensorial	Pc, 30 minutos, casa
Usuario7	Visual, secuencial, reflexivo, sensorial	Pc, 2 horas, otros

Por su parte, la tabla 5.7 muestra las características personales y el contexto de los estudiantes que marcaron como inapropiado la recomendación del ejercicio tipo test relacionado con la gestión de memoria en el entorno “SO1”. Seis estudiantes marcaron la actividad como adecuada, y otros seis la marcaron como inadecuada. Esta actividad se recomienda a todos los estudiantes sin considerar ninguna dimensión del estilo de aprendizaje de los alumnos. Es una subactividad de “Gestión de memoria”. La guía de navegación entre las subactividades de esta última (“Gestión de memoria”) no es diferente en función del estilo de aprendizaje del usuario. Además, el contexto de los usuarios que marcaron la recomendación como inapropiada es diferente para cada estudiante. Por tanto, con esta información no se pueden extraer los motivos sobre qué tipo de estudiantes y en qué situaciones consideraron la recomendación inadecuada.

Si consideramos a los estudiantes que marcaron la misma actividad (“Mem_Test2”) como apropiada, todos tenían estilo de aprendizaje visual y cuatro de ellos sensorial. Además todos se encontraban utilizando su ordenador personal, cinco de ellos estaban en casa y uno en otro lugar (excluyendo su casa, el aula de clase y el laboratorio de prácticas). Tres de ellos sólo tenían disponibles diez minutos, dos de ellos media hora y el último una hora. Por tanto, la información de los casos presentados en las tablas 5.6 y 5.7 muestran que, en estos casos, no existe relación entre la anotación de las recomendaciones como inapropiadas y las características personales de los usuarios o su contexto.

Tabla 5.7. Información sobre las características personales y el contexto de los usuarios que consideraron inadecuada la actividad “Mem_Test2”

Usuarios	Estilos de aprendizaje	Rasgos de contexto
Usuario1	Visual, global, reflexivo, sensorial	Pc, 20 minutos, casa
Usuario2	Visual, global, active, sensorial	Pc, 1 hora, casa
Usuario3	Verbal, secuencial, reflexivo, sensorial	Pc, 1 hora, casa
Usuario4	Visual, global, reflexivo, sensorial	Pc, 30 minutos, casa
Usuario5	Visual, global, activo, sensorial	Pc, 20, casa
Usuario6	Visual, global, reflexivo, sensorial	Pda, 10 minutos, clase

El siguiente análisis realizado consistió en mirar el tipo de actividades involucradas en recomendaciones que se consideraron inapropiadas, para averiguar si existe alguna relación entre los tipos de las actividades anotadas como inapropiadas y las características de los usuarios junto con su contexto. El objetivo es averiguar si sería conveniente modificar algún criterio o regla general de adaptación basada en el contexto.

La figura 5.8. muestra los distintos tipos de actividades y la frecuencia con que formaron parte de las recomendaciones consideradas inapropiadas. En la parte izquierda se muestran los datos extraídos del entorno EDI1. La información sobre el entorno SO1 se encuentra en la parte derecha. En ambos casos, las explicaciones teóricas son el tipo de actividad involucrada con más frecuencia en recomendaciones consideradas inadecuadas por parte de los estudiantes.

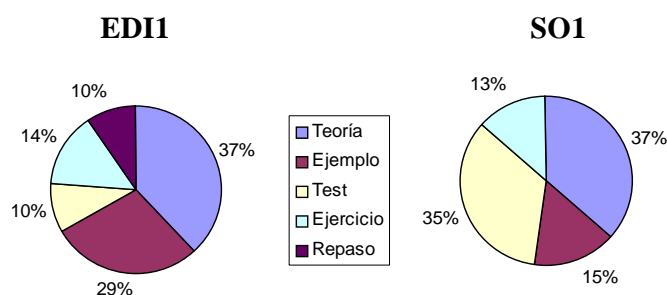
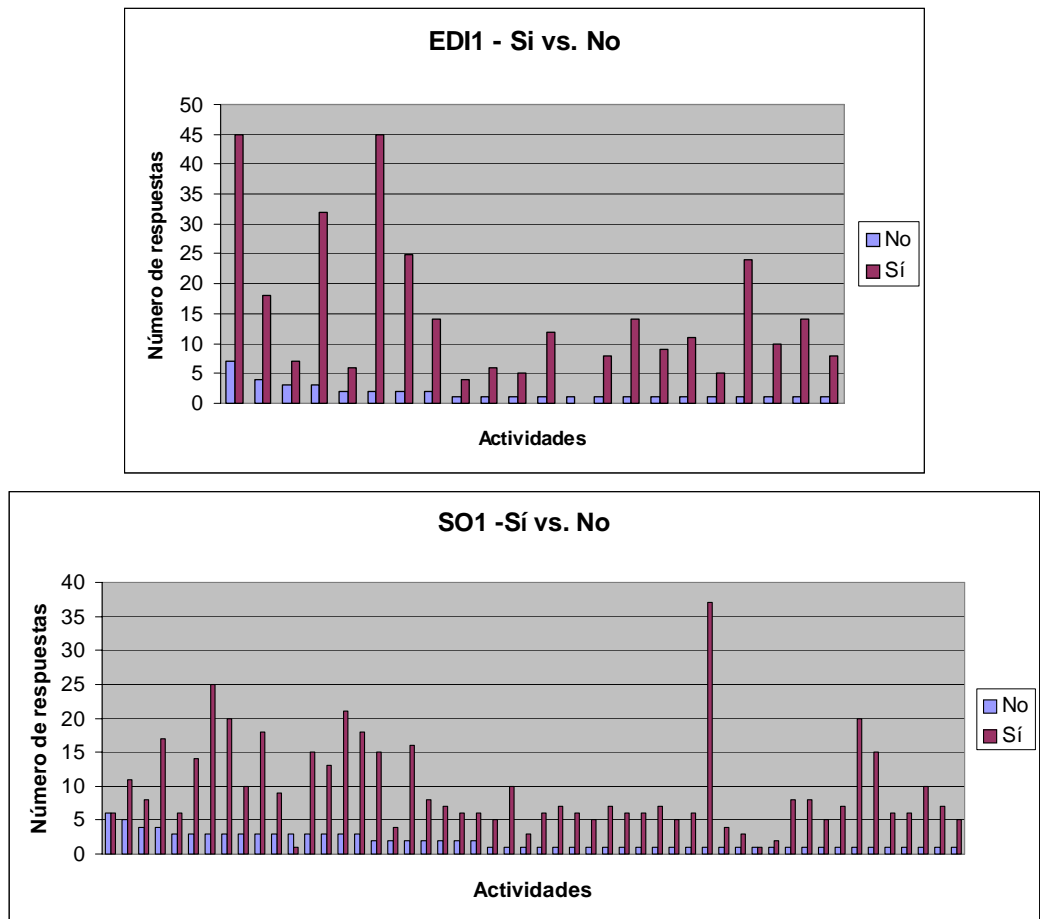


Figura 5.8. Tipos de actividades y frecuencia de inadecuación

Para cada una de las actividades que se seleccionaron al menos una vez como inapropiadas, se analizó el número de estudiantes que anotó la recomendación de este modo frente al número de estudiantes que la marcó como apropiada. La figura 5.9 muestra el número de veces que se seleccionó la opción “Sí” frente a “No” tanto para EDI1 como para SO1.

Como puede observarse, todas las actividades están involucradas en recomendaciones que tienen un mayor número de respuestas positivas frente a las negativas, salvo un ejercicio de respuesta libre del entorno SO1, que recibió un pequeño

número de votos, la mayoría de ellos negativos. Cuando se comprobó qué pregunta era, resultó que la retroalimentación dada a los alumnos en este ejercicio era incorrecta. Pensamos que esto puede ser un motivo por el que los estudiantes no consideraron apropiada la recomendación (quizá pensaron que no estaban preparados para responder la pregunta correctamente, al pensar, quienes lo habían contestado correctamente, que estaban equivocados; o simplemente se molestaron por la retroalimentación errónea, aquellos que se dieron cuenta).



positivos como negativos, y los resultados del análisis de las características de los usuarios y su contexto son los comentados anteriormente (relacionados con la tabla 5.7).

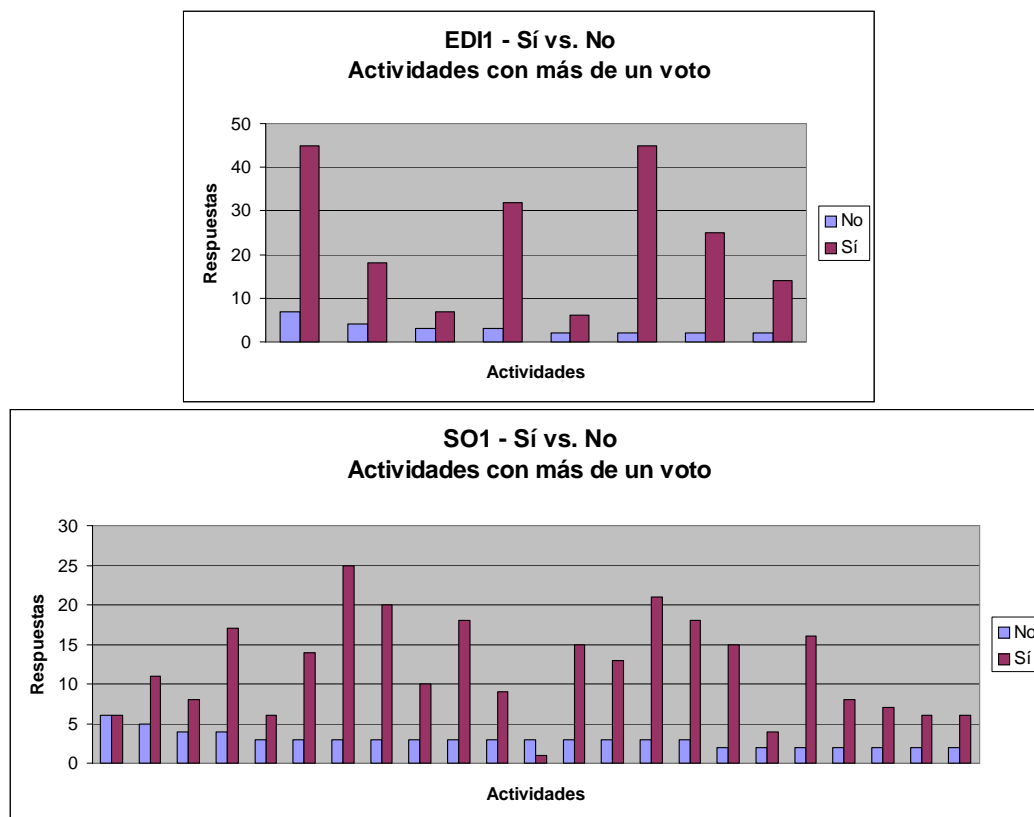


Figura 5.10. Respuestas sobre la adecuación-inadecuación con más de un voto negativo

Teniendo en cuenta estos resultados, no se ha podido extraer información sobre en qué contextos ciertas recomendaciones son consideradas inapropiadas y, al comparar el número de anotaciones positivas frente al número de anotaciones negativas realizadas a las recomendaciones. Parece que el proceso de recomendación que lleva a cabo el sistema CoMoLE funciona adecuadamente, seleccionando en cada paso las actividades más adecuadas para cada estudiante en cada situación, siguiendo los criterios especificados por los profesores de la asignatura. Un número significativo de estudiantes no dieron su opinión sobre la adecuación de las recomendaciones en cada paso, posibilidad que se contempló desde el principio, al no estar obligados a ello. Por este motivo se incluyó en los entornos una encuesta donde los estudiantes podían expresar su opinión sobre el sistema de una forma más libre y detallada, y se pidió a los estudiantes que la rellenaran cuando les fuera posible, recalándoles la importancia de que sus opiniones fueran críticas y sinceras (de nuevo, voluntariamente). La respuesta por su parte fue buena: 68 estudiantes respondieron a esta encuesta, 21 de primer curso (EDI1) y 47 de segundo curso (SO1).

La encuesta² está formada por 18 preguntas, algunas de las cuales están orientadas solamente a estudiantes que utilizaron PDAs para conectarse al sistema. El uso de ordenadores portátiles y de PDAs entre los estudiantes de Ingeniería Informática de nuestra escuela se ha incrementado en los últimos años. Sin embargo, es más frecuente encontrar que los estudiantes que utilizan estos dispositivos están en cursos superiores. Con el objetivo de facilitar el aprendizaje móvil y conocer la aceptación de uso de PDAs por parte de los estudiantes para estudiar a través de estos entornos, se prestaron 20 PDAs. Aunque la encuesta estuvo disponible desde el comienzo de ambos casos de estudio, la mayoría de los alumnos respondió a las preguntas una vez terminados los exámenes finales. A continuación se presentan las preguntas de la encuesta y las respuestas que dieron los alumnos, incluyendo también sus opiniones, expresadas por medio de texto libre.

La primera pregunta es: “¿Te ha parecido bien que el sistema te recomendara actividades o habrías preferido que no ofreciera ningún tipo de recomendación?”. Los estudiantes pueden elegir una de las siguientes opciones: mejor con recomendación, me es indiferente y mejor sin recomendación. La mayoría de los estudiantes prefieren que el sistema les recomiende (71% en el caso de los estudiantes de EDI1 y 85% para SO1). La parte izquierda de la figura 5.11 muestra de forma gráfica los datos obtenidos de los estudiantes de EDI1, mientras que las respuestas de los alumnos de SO1 se presentan en la parte derecha de la misma figura.

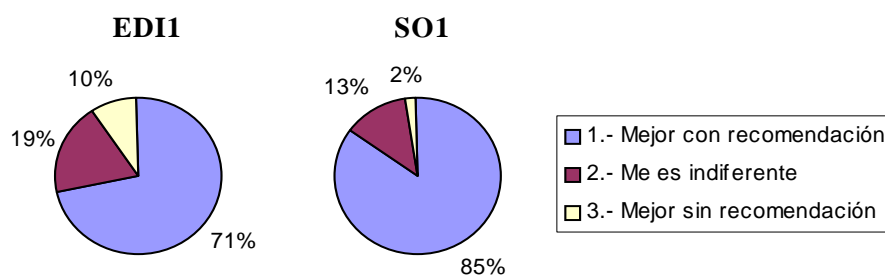


Figura 5.11. Recomendación vs. no recomendación

En la encuesta, tras cada pregunta se incluye una caja de texto donde los estudiantes pueden justificar la razón de su selección si lo desean. Los estudiantes que prefieren las sugerencias del entorno de aprendizaje enfatizan varias características de este tipo de entornos:

- “Estos sistemas te guían a través de un conjunto de actividades a realizar y te ayudan a decidir el punto de inicio (cuáles son las actividades más adecuadas para ser realizadas teniendo en cuenta tus necesidades personales y tu propio proceso de aprendizaje).”
- “Es útil que el sistema recomiende los conceptos más importantes de todo el conjunto de actividades.”

² La encuesta que se realizó a los alumnos se encuentra en el anexo A.

- “Te ayuda a conocer con qué conceptos tienes dificultades de aprendizaje y te propone actividades de repaso para consolidarlos.”
- “Te ayudan a organizar tu tiempo libre, de tal manera que son muy útiles cuando dispones sólo de unos cuantos minutos.”
- “Tiene muchos ejercicios de distinto tipo que permiten practicar para el examen final, ya que los profesores sólo pueden realizar unos cuantos ejercicios en clase.”
- “Estos entornos son más atractivos ya que permiten realizar distinto tipo de actividades, no sólo estudiar teoría con un libro de texto o con tus apuntes de clase.”
- En algunos casos, los estudiantes comprendían mejor los conceptos que se explicaban en las actividades teóricas del sistema que a los propios profesores en clase de teoría.

Los estudiantes que eligieron las opciones “Me es indiferente” ó “Mejor sin recomendación” recalcaron que lo realmente importante de estos entornos son los contenidos, no las actividades en sí ni las recomendaciones. Además, preferían elegir las actividades a realizar en cada uno de los pasos y no que el sistema les guiase sugiriéndoles actividades. Algunos de estos estudiantes tenían estilo de aprendizaje global y los entornos de aprendizaje que se crearon para ambas asignaturas no incluían este rasgo de adaptación dentro de las características a tener en cuenta en el proceso de recomendación. Otros alumnos argumentaban que a veces estaban tan cansados que no podían concentrarse en realizar determinado tipo de actividades como explicaciones extensas de un determinado concepto. Por ello, preferían que el sistema les dejase elegir para poder realizar actividades que les requiriesen menor concentración como actividades de repaso, o revisar ejemplos de conceptos aprendidos anteriormente.

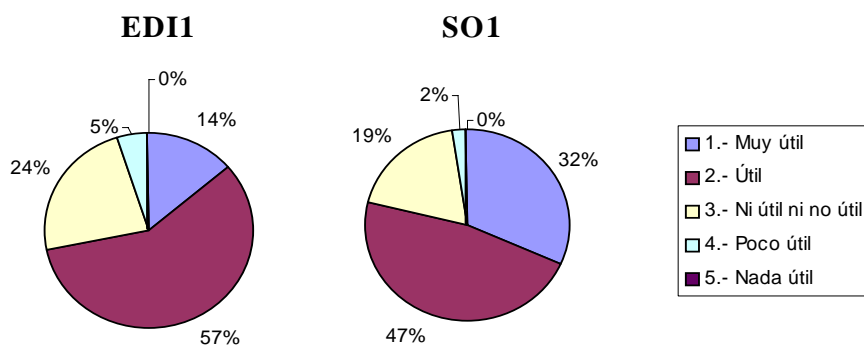


Figura 5.12. Utilidad de recomendaciones basadas en las características personales

La segunda pregunta fue “¿Crees que es útil que el sistema te oriente en las actividades a realizar dependiendo de tus características personales (estilo de aprendizaje)?”. Los estudiantes pueden elegir entre cinco posibles respuestas: muy útil, útil, ni útil ni no útil, poco útil o nada útil. Como se puede observar en la figura 5.12, ningún estudiante seleccionó la respuesta “nada útil” en ninguno de los casos. Además, sólo un estudiante de cada asignatura seleccionó la opción

“poco útil”, lo cual se traduce en que sólo un 5% y un 2% de los estudiantes de cada asignatura, respectivamente, considera poco útil la adaptación de las actividades a las características personales. El 71% de los estudiantes de “Estructuras de Datos de la Información I” y el 79% de los alumnos de “Sistemas Operativos I” consideran muy útil o útil la recomendación de las actividades en función de sus características personales.

La tercera pregunta fue: “¿Crees que es útil que el sistema te oriente en las actividades a realizar dependiendo de tu contexto en cada momento (dispositivo que utilizas, tiempo del que dispones y lugar donde te encuentras)?” Las posibles respuestas son las mismas que en la pregunta anterior. En este caso, los estudiantes consideraron el contexto como una característica ligeramente menos relevante que los rasgos personales (ver resultados en la figura 5.13). El porcentaje de las opciones “Muy útil” y “Útil” fue 67% para “Estructura de Datos y de la Información I” y 66% para “Sistemas Operativos I”. Las respuestas “Poco útil” y “Nada útil” fueron seleccionadas por un total de siete estudiantes entre las dos asignaturas.

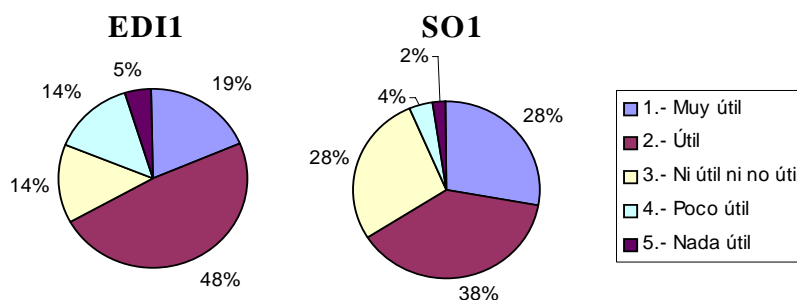


Figura 5.13. Utilidad de recomendaciones basadas en el contexto

La siguiente pregunta fue si los estudiantes habían seguido las recomendaciones que el sistema les ofrecía (bien en el área superior de las páginas Web que se generaban dinámicamente en cada paso, o en la tabla de actividades) o si, por el contrario, ellos habían seleccionado alguna otra actividad no recomendada. El porcentaje de los estudiantes que siguieron las recomendaciones que el entorno de aprendizaje les ofrecía en todas las ocasiones o la mayoría de las veces fue de un 62% en ambos casos de estudio (ver figura 5.14). El porcentaje de alumnos que no siguió las recomendaciones la mayoría de las veces fue bajo (tres estudiantes por asignatura), y ninguno ignoró completamente las recomendaciones. Por último, el porcentaje de estudiantes que en ocasiones siguieron las sugerencias del sistema y en ocasiones no lo hicieron fue de un 24% en EDI1 y de un 32% en SO1.

En relación a la adaptación de los contenidos multimedia presentados en cada una de las actividades según el dispositivo utilizado por los estudiantes y la dimensión visual-verbal de sus estilos de aprendizaje, la mayoría de los estudiantes de “EDI1” creen que la adaptación de contenidos fue muy útil o simplemente útil (81% de los estudiantes entre las

dos opciones). Además, ningún alumno de esta asignatura seleccionó las posibles respuestas “Poco útil” ni “Nada útil”. En el entorno “SO1”, el porcentaje combinado de las respuestas “Muy útil” y “Útil” se incrementa hasta el 88%. En este caso, aunque el porcentaje de respuestas de la opción “Ni útil ni no útil” decrece, hubo algunos estudiantes que seleccionaron las opciones “Poco útil” (dos estudiantes) y “Nada útil” (un estudiante). Estos resultados se presentan en la figura 5.15.

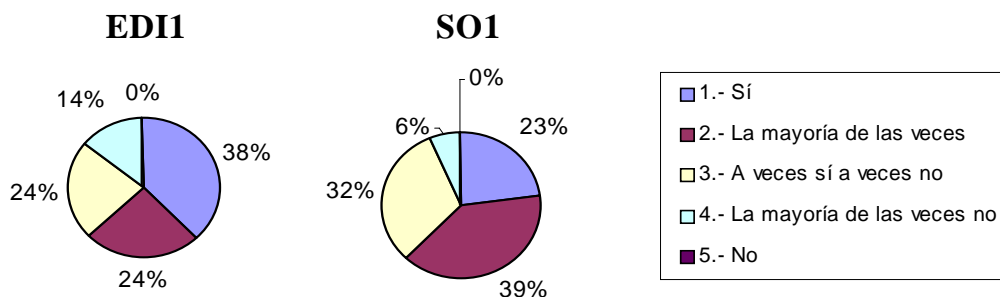


Figura 5.14. Porcentajes de seguimiento de las recomendaciones ofrecidas por el sistema

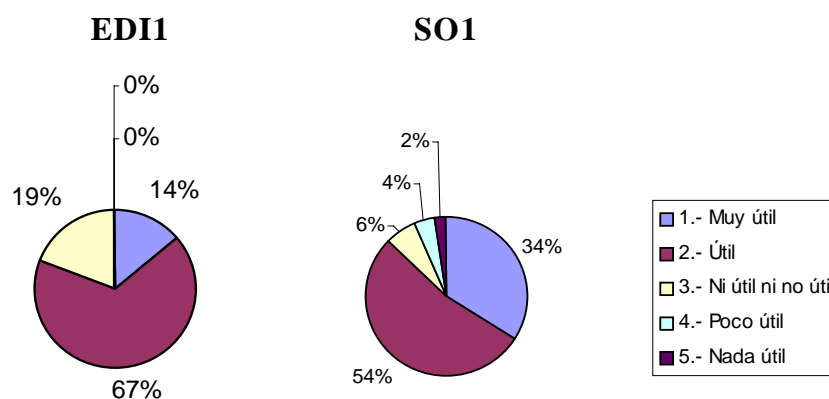


Figura 5.15. Utilidad de la adaptación de contenidos al estilo de aprendizaje y al contexto

La siguiente pregunta es: “Desde tu punto de vista de estudiante, ¿crees que son útiles los sistemas que recomiendan actividades que se pueden realizar en distintos dispositivos?”. La figura 5.16 muestra que el 84% de los estudiantes de “Estructura de Datos y de la Información I” y el 79% de los de “Sistemas Operativos I” consideran útiles este tipo de entornos de aprendizaje móvil que adaptan las actividades a realizar. Sólo el 5% en EDI1 y el 4% de los estudiantes de SO1 piensan que este tipo de entornos no es útil.

Justificando su respuesta a esta pregunta, los estudiantes comentaron que estos entornos son útiles porque: i) dan soporte a la adaptación al contexto del usuario (dispositivo utilizado y tiempo disponible) seleccionando las actividades más adecuadas en cada momento; ii) complementan el aprendizaje y guían a los estudiantes a través de las actividades a realizar; y iii) les ayudan a afrontar las asignaturas de una forma nueva, lo cual

es un incentivo para estudiar más en menos tiempo. Estos aspectos ya habían sido comentados anteriormente en la justificación a la respuesta dada para la primera pregunta.

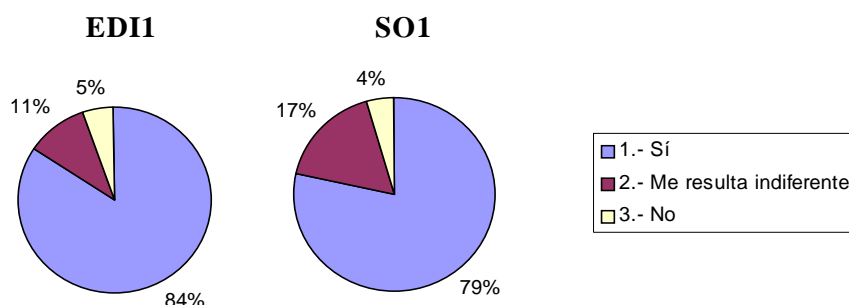


Figura 5.16. Utilidad de este tipo de entornos adaptativos de aprendizaje móvil

Algunos estudiantes consideran que el proceso de aprendizaje es más atractivo cuando las actividades se pueden realizar sin necesidad de estar delante del ordenador personal, desde cualquier lugar y en cualquier momento (por ejemplo, utilizando una PDA). Otros consideran más importantes los contenidos en sí mismos que la adaptación de los contenidos a diferentes dispositivos. Prefieren distintas versiones de contenidos con diferentes niveles de dificultad, antes que los contenidos se adapten en función del dispositivo utilizado. Estos estudiantes argumentan que normalmente llevan consigo sus ordenadores portátiles y que todavía no disponen de PDAs, con lo cual no consideran la adaptación de contenidos al dispositivo como un factor importante.

Con respecto a la *facilidad de uso de estos entornos de aprendizaje móvil*, el 90% de los estudiantes de EDI1 y el 94% de los alumnos de SO1 dijeron que el sistema era muy fácil o fácil de utilizar (ver resultados en la figura 5.17). Hubo cuatro estudiantes en total de las dos asignaturas, que seleccionaron la opción “Ni fácil ni difícil”. Por último, un único alumno de primer curso dijo que el sistema era un poco difícil de utilizar, y ninguno dijo que fuera muy difícil.

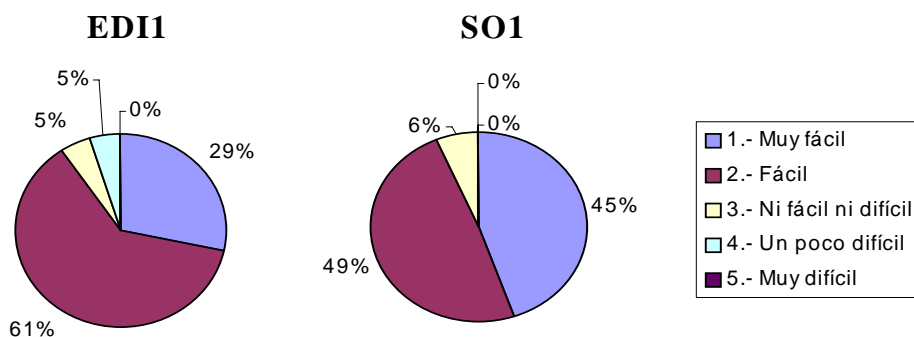


Figura 5.17. Facilidad de uso de los entornos de aprendizaje móvil

La siguiente pregunta fue “¿El entorno de aprendizaje te ha servido para la preparación de la asignatura?”. Las posibles respuestas podían ser “Mucho”, “Bastante”, “Un poco”, “Indiferente”, “No mucho” y “Nada”. Los entornos se utilizaron como recursos adicionales, sin sustituir a las clases tradicionales ni a las prácticas de laboratorio. Los resultados desglosados se encuentran en la figura 5.18. Si juntamos los datos recogidos en ambas asignaturas, se obtiene, en media, que el 92% piensa que sí ayuda: el 13% de los estudiantes considera que les ayudó mucho, el 35% que ayuda bastante y el 44% que les ayudó un poco. Sólo un 8% de los estudiantes contestaron “Me es indiferente” o “No mucho”.

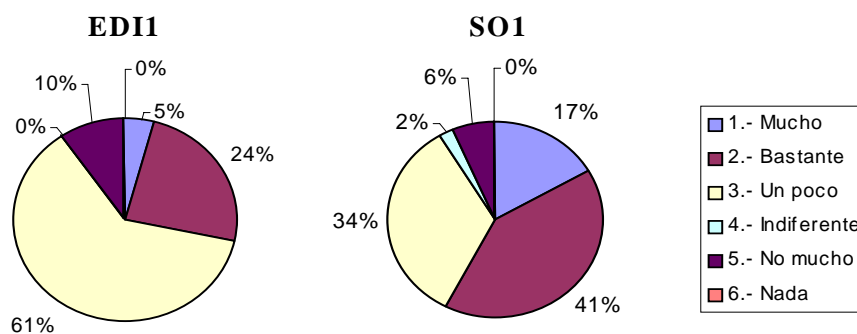


Figura 5.18. Utilidad del entorno de aprendizaje móvil para la preparación de la asignatura

La encuesta también incluye una pregunta sobre *si los entornos de aprendizaje móvil motivaron a los estudiantes en el estudio de estas materias*. El 45% de los estudiantes de “Estructura de Datos de la Información I” se sintió especialmente motivado a estudiar más gracias a la disponibilidad del correspondiente entorno, mientras que al 50% de los alumnos les ha resultado indiferente (ver figura 5.19). Sólo el 5% opinó que el entorno no le había motivado al estudio de la asignatura. En el caso de “Sistemas Operativos I” se obtuvieron mejores resultados (83%, 11% y 6% respectivamente).

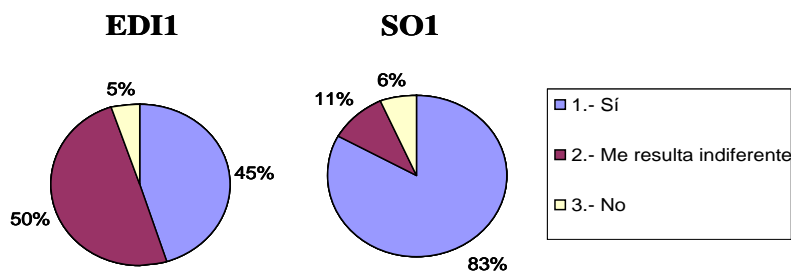


Figura 5.19. Incremento de la motivación en el estudio de los estudiantes

Con respecto a la búsqueda y uso de recursos adicionales disponibles a través de Internet, se realizaron otras dos preguntas. La primera era *si los alumnos habían buscado en Internet más recursos relacionados con la asignatura (por ejemplo, apuntes, ejercicios resueltos, mensajes en foros, blogs,*

etc.) *aparte de utilizar este sistema*. Las posibles respuestas eran “sí, bastante”, “alguna cosa puntualmente” y “no, nada”. En la figura 5.20 se pueden observar diferencias significativas entre las respuestas de los estudiantes de las dos asignaturas. En el caso de los alumnos de primer curso, el número de estudiantes que buscaron información en fuentes adicionales en Internet fue de un 45% y los que buscaron alguna vez puntualmente fueron otro 45%. Sin embargo, solo un 19% de los estudiantes de SO1 buscaron bastante información en la Web y el 53% lo hizo de manera puntual.

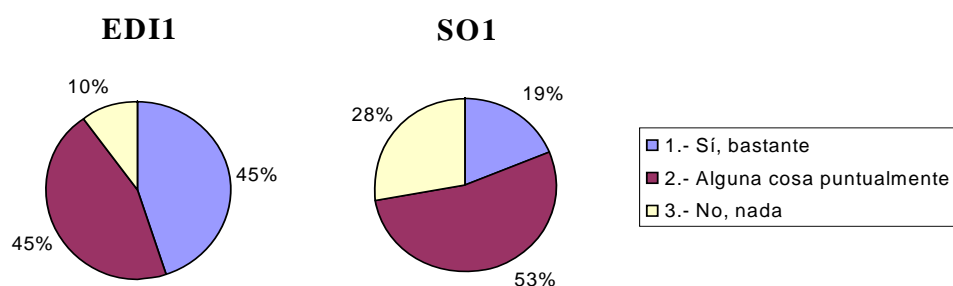


Figura 5.20. Búsqueda de recursos externos en Internet

La segunda pregunta fue: “*Si no hubieras tenido este sistema disponible, ¿habrías buscado más, menos o igual cantidad de recursos en Internet?*”. Al igual que en la pregunta anterior, hay diferentes opiniones entre los estudiantes de las dos asignaturas (ver figura 5.21). La mayoría de los estudiantes de “Estructura de Datos y de la Información I” (66%) habría buscado la misma cantidad de información en sitios Web externos, un 24% habría buscado más fuentes si no hubiese existido el entorno de aprendizaje y sólo un 10% habría buscado menos material en Internet. Sin embargo, el 45% de los estudiantes de segundo curso habría buscado menos información si no hubiesen tenido este entorno de aprendizaje, el 30% habría buscado la misma cantidad de información y un 25% habría buscado más información. Una posible explicación a las respuestas de los estudiantes de “Sistemas Operativos I” sería que las explicaciones ofrecidas por el entorno, los ejemplos resueltos y los ejercicios planteados hayan despertado la curiosidad de los estudiantes en el tema, y por este motivo, hayan accedido a la Web a buscar más información, y piensan que si no hubiera sido porque usaron el entorno tampoco habrían buscado más información en la Web.

A los estudiantes que utilizaron PDAs para conectarse a los entornos de aprendizaje, se les pidió que contestaran a algunas preguntas adicionales sobre el uso de estos dispositivos en este tipo de entornos.

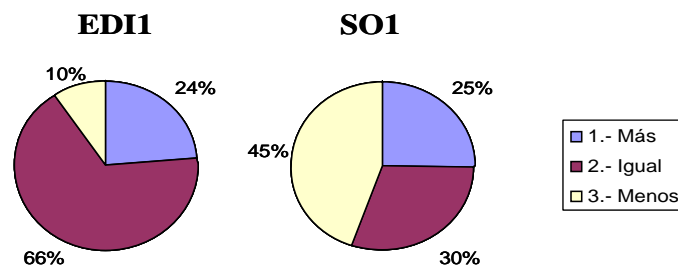


Figura 5.21. Búsqueda de recursos externos si no hubiesen existido estos entornos

La primera pregunta que se les hizo fue *si tenían experiencia previa en el uso de PDAs*. La mayoría de los estudiantes dijeron que no tenían experiencia previa: un 73% de media entre los dos casos de estudio, frente a un 27% que sí tenía experiencia previa (ver figura 5.22). Además, los estudiantes que las habían utilizado previamente no se consideraban a sí mismos usuarios expertos, ya que las habían usado de manera esporádica. Sólo dos estudiantes de “Sistemas Operativos I” se consideraban expertos e indicaron que las utilizaban a menudo.

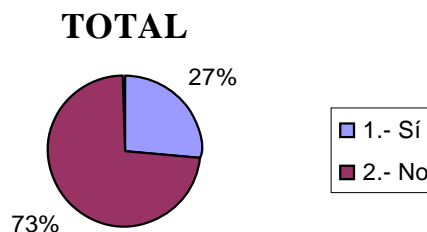


Figura 5.22. Experiencia previa de los estudiantes con PDAs

La segunda pregunta que se les realizó fue *si la posibilidad de poder acceder a este entorno de aprendizaje utilizando PDAs les había gustado*. Las posibles respuestas eran “Sí”, “No” y “Me resulta indiferente”. Al 67% de los estudiantes de primer curso les gustó la experiencia de poder utilizar este tipo de dispositivos (ver figura 5.23). Sin embargo, este porcentaje disminuye en los alumnos de segundo curso, siendo del 50%. Hay un número significativo de estudiantes a los que les es indiferente el poder utilizar un dispositivo u otro para acceder al entorno (22% en EDI1 y 21% en SO1).

Los estudiantes a los que sí les gustó la experiencia de utilizar PDAs para acceder al entorno argumentaron que a su favor que podían utilizar este dispositivo desde cualquier lugar y en cualquier momento, y que podían llevarla consigo gracias a sus pequeñas dimensiones, teniendo acceso en todo momento a todo lo que necesitaban a través de ella. También enfatizaban que la habían encontrado muy útil para acceder al entorno cuando disponían de poco tiempo para poder realizar actividades. Por el contrario, a los estudiantes que no les gustó utilizar este dispositivo en ambos casos de estudio, comentaron que la

conexión inalámbrica de la universidad se interrumpía a menudo, y que por esta razón su utilización no era demasiado cómoda. Es importante señalar que la conexión inalámbrica en el campus de la Universidad Autónoma de Madrid se realiza a través de la red “Eduroam”, que en algunas ocasiones tiene problemas de cobertura en determinados edificios.

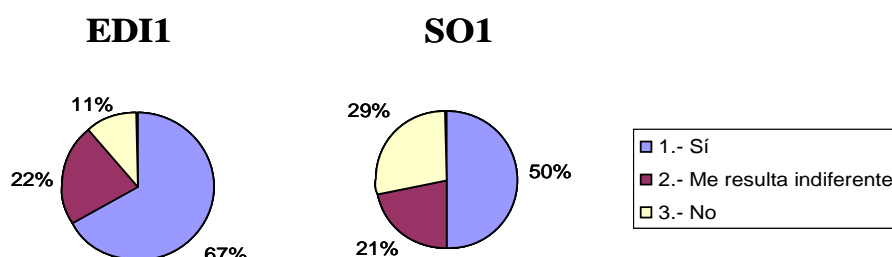


Figura 5.23. Satisfacción en el uso de PDAs para realizar actividades en estos entornos

Con respecto a *la visualización y longitud de los contenidos multimedia presentados a los estudiantes en cada una de las actividades*, los alumnos tuvieron algún problema puntual (ver figura 5.24), a pesar de utilizar hojas de estilo en cascada en el caso de los contenidos de “Sistemas Operativos I” y a las instrucciones facilitadas para ajustar las imágenes presentadas en algunas actividades al ancho de la pantalla. Los alumnos justificaron su respuesta exponiendo los motivos de dichos problemas. En general, la longitud de las páginas generadas para estos dispositivos fue adecuada. Sin embargo, el hecho de mostrar una pequeña barra de desplazamiento horizontal en algunas páginas que contenían imágenes y tablas era un problema para determinados estudiantes. Además, los estudiantes mostraban su preferencia en la utilización del ratón de los ordenadores personales y portátiles antes que el puntero de las PDAs.

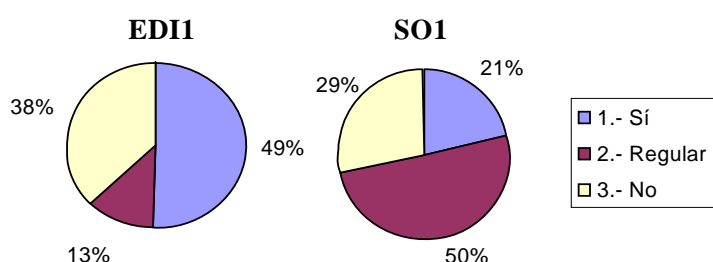


Figura 5.24. Visualización correcta de contenidos usando PDAs

La siguiente pregunta fue “¿Te pareció bien que el menú apareciera oculto cuando accedías con la PDA, pudiendo acceder a él desde el botón en la parte superior, o habrías preferido que se mostrara el menú desplegado?”. La mayoría de los estudiantes dijo que fue una buena opción ocultar el menú por defecto y pulsar el botón correspondiente para ver el índice (56% en EDI1 y 40% en SO1, figura 5.25). Sin embargo, hubo un número significativo de estudiantes que señaló la opción “No sabe no contesta” (22% en EDI1 y 53% en SO1). Las justificaciones

que dieron en esta pregunta fueron diversas. Por un lado, algunos estudiantes preferían ver el menú de actividades, al igual que cuando utilizaban el ordenador de sobremesa de su casa o su portátil. Por otro lado, otros pensaban que el ancho los contenidos de la página generada junto con el índice de actividades sería demasiado grande para presentarlo al mismo tiempo en una PDA.

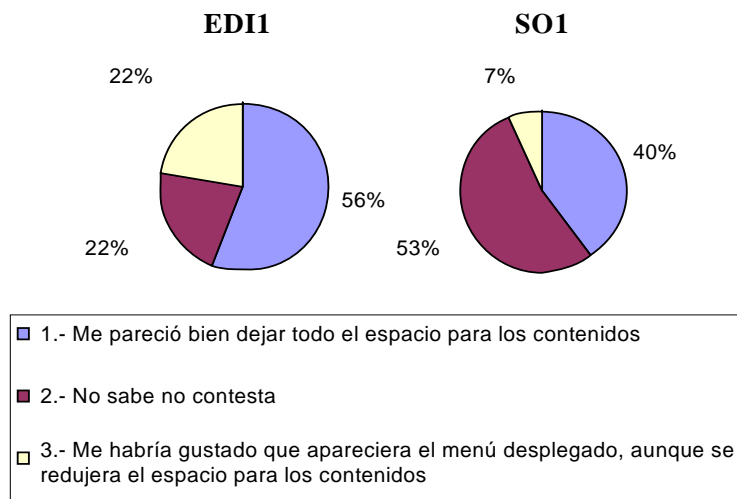


Figura 5.25. Adecuación de la ocultación del menú de actividades cuando se usa una PDA

La última pregunta que se realizó a los estudiantes que usaron PDAs fue *qué tipos de actividades consideraban más adecuadas para realizarlas en PDAs*. Las actividades más votadas fueron los ejercicios tipo test y los repastos de conceptos (ver figura 5.26). Los ejemplos y los ejercicios de respuesta libre fueron considerados sólo en unos cuantos casos. Las explicaciones teóricas no se consideraron adecuadas para realizarlas en estos dispositivos.

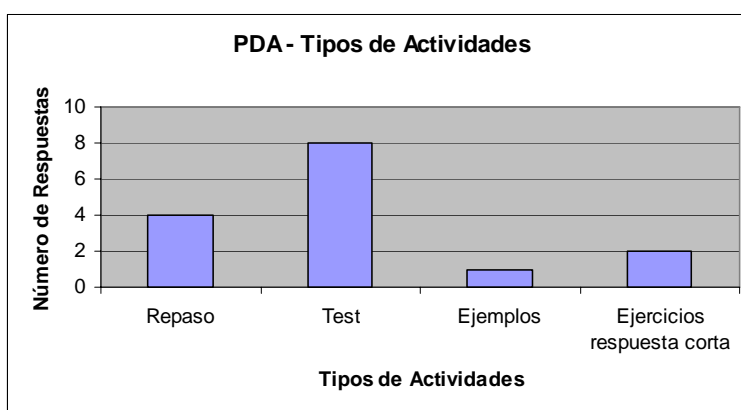


Figura 5.26. Tipos de actividades más adecuadas para realizar en PDAs

Por ultimo, se propusieron dos preguntas abiertas a todos los estudiantes de ambas asignaturas sobre las *posibles mejoras que les gustaría que este tipo de entornos incluyeran en el futuro*, y

comentarios y sugerencias adicionales sobre la experiencia. Las opiniones expresadas por los estudiantes de ambas asignaturas se presentan a continuación.

Entre los aspectos positivos, a la mayoría de los estudiantes les gustó la experiencia con este tipo de entornos de aprendizaje móvil capaces de adaptar las actividades en función no sólo de las características personales de los estudiantes y de sus acciones, sino también del contexto en el que se encuentran. Describen la experiencia como realmente positiva y sugieren el uso del sistema CoMoLE en otras asignaturas de la misma carrera. Los estudiantes indican que el entorno de aprendizaje les ayudó a extraer los conceptos más importantes, a organizar el tiempo que tenían disponible en cada sesión, y les ofreció la posibilidad de poder acceder desde cualquier lugar y practicar con material adicional para el examen final de ambas asignaturas. Además (siempre reproduciendo sus opiniones), su motivación para estudiar la asignatura se incrementó. El aprendizaje de estas asignaturas fue más atractivo gracias a que cuando estaban aburridos de estudiar teoría con un libro o con sus propios apuntes de clase, podían continuar preparándose la asignatura de una forma más dinámica e interactiva utilizando su ordenador personal, portátil o PDA. Además, el entorno de aprendizaje favoreció las discusiones entre compañeros sobre las actividades que el sistema les proponía (explicaciones teóricas, ejemplos, ejercicios y retroalimentación). En este sentido, se favoreció el intercambio de ideas y la construcción del conocimiento entre iguales.

Los estudiantes manifestaron dos aspectos negativos sobre estas experiencias. El primero fue que no dispusieron de tiempo suficiente para poder utilizar el entorno, ya que se puso a su disposición cerca del final del cuatrimestre. El segundo aspecto negativo fue que las actividades de aprendizaje sólo cubrían algunas partes del temario de las asignaturas. Propusieron que el entorno de aprendizaje estuviera disponible desde principios del cuatrimestre para el próximo curso, y que se incluyesen más actividades de diferentes tipos que cubriesen la totalidad del temario. Por último, los estudiantes de “Sistemas Operativos I” también sugirieron incluir un nuevo tipo de actividades (“examen”) que fuera recomendado cuando los estudiantes hubiesen terminado de realizar todas las actividades. Según los estudiantes, el objetivo de la inclusión de este nuevo tipo de actividades no es aprender, sino poder practicar para superar el examen final.

Como posibles mejoras, los alumnos sugieren la posibilidad de habilitar-deshabilitar el proceso de recomendación ofrecido por estos entornos. De esta manera, los estudiantes son libres de decidir en qué modo interactuar con el entorno en cada momento. Con el objetivo de reforzar los conceptos mal aprendidos, proponen incluir actividades de repaso relacionadas con los conceptos en los que han tenido problemas de aprendizaje en la sesión anterior, aunque después se superaran. De esta manera, el propio entorno les obligará a repasar los temas que más les costó aprender. También proponen poder ver las versiones de los contenidos que no se adaptan a su perfil cuando finalizan el conjunto de actividades.

De esta manera, verían diferentes explicaciones sobre el mismo concepto (por ejemplo, versiones visuales y textuales de los mismos contenidos). En relación con la adaptación de la navegación, les gustaría que el entorno considerara su nivel de conocimiento previo, de tal manera que pudieran acceder a realizar actividades más avanzadas antes. Además, sugieren que cuando se eligen actividades que están recomendadas en la tabla de actividades, pero que todavía no se recomiendan en el área superior de recomendación de la página generada, el proceso de recomendación cambie el orden en que recomiendan las siguientes actividades, dando más prioridad a aquellas relacionadas con la última elección del usuario. Por último, sugieren otras dos mejoras. La primera es suministrar explicaciones más detalladas en los ejercicios cuando los alumnos los resuelvan correctamente, ya que a veces no están seguros de la razón por la que esa es la respuesta correcta, y necesitan una explicación más detallada. La segunda es utilizar imágenes de baja calidad para la versión de contenidos de PDAs, ya que la descarga de determinadas imágenes en estos dispositivos lleva demasiado tiempo. Como se puede observar, los estudiantes proporcionaron numerosas sugerencias y sus respuestas reflejan que se tomaron en serio la encuesta y reflexionaron realmente sobre el uso del sistema.

5.3. Recomendación basada en información de otros usuarios

Como se ha mencionado anteriormente, cuando se pusieron a disposición de los estudiantes los dos entornos EDI1 y SO1, el módulo de recomendación basada en la información de otros usuarios no se encontraba implementado por completo. Por tanto, no pudo evaluarse en estos dos casos de estudio.

Una vez que el módulo estuvo implementado, se procedió a utilizar la información de los usuarios que interactuaron con ambos entornos para comprobar el funcionamiento de éste módulo y para obtener información sobre la conveniencia o no de recomendar ciertas actividades a determinados usuarios en contextos particulares en el futuro uso del entorno.

Primeramente, se procesaron los datos dinámicos almacenados en los ficheros históricos de CoMoLE, consultando el orden en el que los usuarios realizaron las actividades, cuál era su contexto en cada momento y qué características personales tenían cada uno de ellos. Tras este procesamiento, se obtuvieron ficheros auxiliares con información sobre los distintos tipos de usuarios que interactuaron con estos entornos (agrupados en distintas clases), el número de usuarios clasificados en cada una de las clases y los recorridos de actividades que realizaron los usuarios de un determinado tipo.

Es importante recordar en este punto aspectos que fueron explicados en el capítulo 3, como la posibilidad de que las acciones de un mismo estudiante aparezcan en diferentes

categorías (y, por tanto, en distintos ficheros). Esta situación se produce cuando cambia alguna de las características del contexto en el que se encuentra el usuario. Por ejemplo, si el estudiante se conecta con su PDA para realizar las actividades 1, 2 y 3, y al día siguiente se conecta con su ordenador personal para realizar las actividades 4, 5 y 6, incluso aunque se disponga del mismo tiempo y se encuentre en el mismo lugar, sus acciones realizadas en ambos casos aparecerán clasificadas en categorías diferentes, ya que su contexto en cada momento era diferente (el dispositivo utilizado varía).

En la figura 5.27 se pueden ver las secuencias de actividades realizadas por estudiantes con estilo de aprendizaje visual, activo y sensorial de la asignatura “Estructuras de Datos y de la Información I” cuando tuvieron entre treinta minutos y una hora de tiempo disponible, y se encontraban en su casa utilizando su ordenador personal. Al comienzo del fichero aparece el número de usuarios clasificados en esa clase. El número 24 indica que 24 estudiantes con las mismas características personales se encontraron en el contexto descrito anteriormente al menos en una ocasión (no que el total de estudiantes con estilo de aprendizaje visual, activo y sensorial interactuando con el entorno EDI1 fuera de 24).

A continuación, en el fichero aparece el número total de actividades definidas para el entorno EDI1 (126, incluyendo actividades simples y compuestas). Y finalmente aparece información sobre las secuencias de actividades realizadas por los 24 estudiantes clasificados en esta categoría. En cada una de las líneas se puede ver un identificador de actividad (actividad origen) seguido de pares que indican qué actividad realizaron los estudiantes después de realizar la actividad origen y cuántos estudiantes realizaron este salto o siguieron esa secuencia. Por ejemplo, después de realizar la actividad cuyo identificador es 1 (que se corresponde con la actividad que contiene ejemplos de tipo de datos atómicos, “AtomicosEjem” de este entorno de aprendizaje), 16 estudiantes realizaron la actividad número 2, que se corresponde (teoría de tipos atómicos, “AtomicosTeo”), y dos estudiantes realizaron la actividad número 55 (ejemplos de tipos enumerados, “EnumEjem”).

Se puede ver que en este fichero existen varias actividades para las que no se ha registrado secuencia alguna (la línea correspondiente contiene sólo el identificador). Estas actividades se corresponden con actividades compuestas, las cuales no se han considerado en los recorridos, ya que en ambos casos de estudio no tenían asociado ningún tipo de contenidos (sólo servían para agrupar otras actividades) y, por tanto, no se corresponden realmente con actividades que los estudiantes deban realizar.

Una vez obtenidos todos los ficheros con las secuencias de realización de actividades para cada tipo de usuario (un fichero por clase), el segundo paso es generar las matrices con las probabilidades de transición entre actividades utilizando un modelo de Markov. En el

ejemplo considerado en la figura 5.27, para la actividad “AtomicosEjem”, la probabilidad de transición de la actividad origen “AtomicosEjem” a la actividad destino “AtomicosTeo” es de un 88,88% (esta transición la llevaron a cabo 16 estudiantes de un total de 18 de este tipo concreto que realizaron la actividad origen); por su parte, la probabilidad de realizar la actividad “EnumEjem” después de la actividad “AtomicosEjem” es de un 11% (2 estudiantes de 18 en total).

Numero de usuarios: 24									
126									
0									
1	2	16		55		2			
2	55	13		56		2			
3									
4	5	12							
5	6	12		7		1			
6	7	12							
7	8	13							
8	9	12		10		1			
9	10	12							
10	11	11		12		1			
11	12	11							
12	13	9							
13	16	8		17		1			
14									
15									
16	20	8							
17	18	1		20		1		21	7
18	21	1		22		7			
19									
20	17	8		21		1			
21	18	7		22		2			
22	23	9							
23	33	8							
24									
25	26	6							
26	27	6		39		1			
....									

Figura 5.27. Fichero de estudiantes de EDI1 con las características: visual, activo, sensorial, tiempo disponible entre 30-60 minutos, utilizando su ordenador personal desde casa

Si nos fijamos en los resultados obtenidos al considerar la actividad “IfTeo”, cuyo identificador es el número 17 en el fichero mostrado en la figura 5.28, tendremos que un usuario realizó a continuación la actividad número 18 (“IfTest”), otro realizó la actividad número 20 (“SwitchTeo”), y siete estudiantes realizaron la actividad número 21

(“SwitchEjem”). En este caso, las probabilidades de transición entre la actividad “IfTeo” y las actividades “IfTest”, “SwitchEjem” y “SwitchTeo” son de 11,11%, 11,11% y 77,77%, respectivamente.

Una vez obtenidas todas las probabilidades de transición entre todas las actividades asociadas a un mismo entorno, se probó el módulo de recomendación basada en información de otros usuarios con los mismos datos obtenidos mientras los estudiantes interactuaban con estos dos entornos. Por ello, las recomendaciones de este módulo se corresponden con las recomendaciones que realizó el sistema CoMoLE a los usuarios de estos entornos procesando las reglas de adaptación. Como se obtuvieron los resultados esperados, el funcionamiento de este módulo es correcto. No obstante, la verdadera puesta en práctica de este módulo se llevará a cabo el curso que viene, cuando, a través del sistema CoMoLE se ofrezcan recomendaciones a los nuevos usuarios basándose en la información disponible sobre las acciones realizadas por los usuarios durante este curso.

Un hecho a destacar sobre el trabajo realizado en el módulo de recomendación basado en acciones previas de otros usuarios es que, al haber muchas clases posibles para los usuarios en ambos entornos (tantas como combinaciones de los valores de las características de usuario y contextos), sólo unas cuantas categorías tuvieron un número significativo de usuarios. Sería interesante poder agrupar estas clases, de modo que cada una de ellas tuviera un número mayor de usuarios. Con este objetivo en mente, sería interesante poder detectar las características más relevantes en este tipo de entornos, para eliminar las combinaciones que surgen de los distintos valores de aquellas menos relevantes, y dejar sólo las clases creadas a partir de las combinaciones de las características que más influyan en la realización de las actividades. Esto repercutiría positivamente en la realización de recomendaciones a los usuarios, pues se podrían hacer sugerencias a partir de información de un número de usuarios total menor al utilizado actualmente.

Por último, otro aspecto interesante sería poder realizar recomendaciones a los usuarios sin necesidad de preguntarles ninguna característica relacionada con sus rasgos personales o contexto, sino que el propio sistema realizase un seguimiento de las acciones y detectase patrones de comportamiento del usuario. De esta manera, se podrían realizar recomendaciones a los usuarios sin necesidad de que exista información previa sobre los mismos. Esto facilitaría que los usuarios tampoco tuviesen que emplear su tiempo en contestar a una serie de preguntas o cuestionarios relacionados con sus características personales.

CAPÍTULO 6:

Conclusiones y Trabajo Futuro

En este capítulo se presenta una recapitulación de las contribuciones realizadas con este trabajo, en la sección 6.1. A continuación, en la sección 6.2 se presenta un resumen de las experiencias realizadas basadas en esta propuesta, exponiendo posteriormente sus ventajas y limitaciones en la sección 6.3. La sección 6.4 describe el trabajo actual y algunas propuestas de trabajo futuro. Por último, se presentan las publicaciones, tanto nacionales como internacionales, a las que ha dado lugar este trabajo.

6.1. Contribuciones

El principal objetivo de este trabajo es dar soporte a la creación y configuración de entornos adaptativos capaces de recomendar a usuarios de distintos tipos las actividades individuales y colaborativas más apropiadas a realizar, basándose no sólo en las necesidades o características personales de los usuarios y grupos de trabajo, sino también en las características del contexto en el que se encuentren en cada momento; además, en cada paso se generarán los espacios de trabajo correspondientes para dar soporte a la realización de dichas actividades, adaptándose también los contenidos y herramientas al usuario y a su contexto.. De este modo, se pretende ayudar a los usuarios a aprovechar el tiempo disponible en distintas situaciones para realizar tareas pendientes, proponiéndoles las más adecuadas en cada momento en función de su contexto. Este trabajo constituye un avance en el área de la “Hipermedia Adaptativa” para entornos móviles, como se describió y justificó en los dos primeros capítulos de esta memoria.

El mecanismo de recomendación propuesto en el capítulo 3 facilita la recomendación de actividades en estos entornos móviles. Estas recomendaciones se pueden realizar bien en función de criterios especificados mediante reglas, bien en función de la información disponible sobre acciones previas de otros usuarios, o bien mediante una combinación de ambas.

Aunque el dominio de aplicación elegido como ejemplo es el área de la enseñanza, el mecanismo de recomendación, junto con las reglas de adaptación en las que se basa y los modelos de Markov utilizados en la fase de recomendación basada en información de otros usuarios, son lo suficientemente generales como para utilizarse en otras áreas de aplicación. Por un lado, las reglas de recomendación son expresadas en términos de tipos de actividades, actividades, subactividades (si procede) y condiciones relacionadas con las

características almacenadas en los modelos de usuario y grupo. Estas características pueden ser especificadas para cada entorno y para cada área de aplicación como corresponda. Todos estos conceptos son generales, y pueden aplicarse en otros dominios distintos de la enseñanza, para la generación de entornos donde distintos usuarios realizan actividades individualmente o de forma colaborativa en contextos variados. Por otro lado, los modelos de Markov no necesitan información sobre criterios de recomendación, ya que es suficiente la información sobre acciones previas de otros usuarios en contextos concretos para poder ofrecer recomendaciones sobre las actividades más adecuadas para un usuario en una situación específica. Finalmente, la adaptación de los espacios de trabajo también se basa en condiciones basadas en información almacenada en los distintos modelos.

El mecanismo se ha implementado en un sistema llamado CoMoLE, que da soporte a la recomendación y realización de diferentes tipos de actividades individuales y colaborativas en entornos a los que los usuarios acceden a través de un navegador Web utilizando distintos dispositivos. Tanto la recomendación de las actividades como la generación de los espacios de trabajo se realiza dinámicamente a partir de la información almacenada y gestionada por el sistema sobre usuarios, grupos, actividades, recursos, criterios de adaptación y acciones previas de otros usuarios. Las características y el funcionamiento detallado de este sistema fueron presentados a lo largo del capítulo 4 de esta tesis.

6.2. Evaluación de las experiencias realizadas

La propuesta ha sido aplicada para la generación de dos entornos de aprendizaje móvil orientados a estudiantes de primer y segundo curso de Ingeniería Informática de la Universidad Autónoma de Madrid. Los dos casos de estudio realizados arrojan información sobre: la utilidad de los entornos de recomendación basados en las características personales y en el contexto de los usuarios; la calidad de las recomendaciones ofrecidas; la preferencia de sistemas de recomendación frente a sistemas sin ningún tipo de adaptación; el seguimiento de las recomendaciones sugeridas por el sistema; la adecuación de la adaptación de las versiones de contenidos a los perfiles de los estudiantes y al dispositivo que estaban utilizando; la facilidad de uso del sistema; la influencia del sistema en la organización del tiempo de estudio; la intención de los alumnos de volver a utilizar el sistema; cómo se sintieron trabajando con estos nuevos entornos de recomendación; sus opiniones sobre la experiencia y posibles mejoras a realizar sobre el sistema.

En general, los alumnos prefieren entornos de recomendación que tengan en cuenta sus características personales, sus acciones y su contexto, frente a sistemas no adaptativos. Este hecho viene marcado por las características de este tipo de entornos, ya que ayudan a

los usuarios a escoger las actividades más adecuadas a realizar en cada momento, a conocer con qué conceptos tienen dificultades de aprendizaje, a gestionar su tiempo libre, etc.

Según las opiniones vertidas por los usuarios, las recomendaciones que el sistema realizó fueron adecuadas en la mayoría de los casos, y la gran parte de los estudiantes siguieron las recomendaciones concretas que se les ofrecían en cada paso. El proceso de recomendación que lleva a cabo el sistema CoMoLE, basado en el mecanismo de recomendación de esta propuesta, ayuda a los estudiantes en la selección de actividades a realizar en cada contexto.

Los estudiantes consideraron útiles las recomendaciones basadas en sus características personales, acciones previas y contexto. La adaptación a sus características personales (incluyendo estilos de aprendizaje) y nivel de conocimiento fue considerada más importante que la adaptación de contenidos al dispositivo (ofrecer distintas versiones en función del dispositivo que estén utilizando). Dentro de los rasgos de contexto, el factor mejor valorado por la mayoría de los usuarios para considerar con propósitos adaptativos es el tiempo. CoMoLE les ayuda a gestionar el tiempo que tienen disponible para poder realizar actividades y se convierte en un factor de especial importancia cuando disponen sólo de unos pocos minutos.

En los casos de estudio llevados a cabo, el proceso de recomendación se basó principalmente en la adaptación al contexto del usuario, a su estilo de aprendizaje (dimensiones sensorial-intuitivo y visual-verbal) y a los resultados obtenidos en actividades previas. Sin embargo, aparte de estos rasgos, los comentarios ofrecidos por los estudiantes indican que sería conveniente tener en cuenta también la dimensión global-secuencial de los estilos de aprendizaje, junto con el nivel de conocimientos, para realizar la adaptación de las actividades, decidir la guía ofrecida entre ellas y seleccionar los contenidos multimedia a presentar a los estudiantes. De esta manera, los alumnos con estilo de aprendizaje global podrían tener más libertad a la hora de navegar entre actividades y los alumnos con conocimientos más avanzados podrían saltar las actividades más básicas.

Sin embargo, al hablar de la adaptación de contenidos, esta situación cambia bastante. Los estudiantes consideran menos importante la adaptación de los espacios de trabajo, ya que para ellos lo realmente importante son los contenidos. Habrían preferido que hubiese más actividades que cubriesen más parte o la totalidad del temario antes que el hecho de que los contenidos fueran adaptados a la dimensión visual-verbal de sus estilos de aprendizaje o al dispositivo que estaban utilizando.

El poder realizar actividades sin necesidad de estar frente a su ordenador personal fue una posibilidad atractiva pero no valorada especialmente por parte de los estudiantes. Aunque el uso de ordenadores portátiles entre los estudiantes de Ingeniería Informática de

nuestra universidad ha crecido en los últimos años, sólo los estudiantes de cursos superiores suelen utilizar PDAs. La mayoría de estudiantes que utilizaron PDAs en estos dos casos de estudio no se consideraban a sí mismos usuarios expertos, ni siquiera habituales, de este tipo de dispositivos (esto podría cambiar si se extendiera el uso de sistemas como CoMoLE). Algunos tuvieron dificultades en el uso de estos dispositivos debido a sus limitaciones en la interfaz de entrada y a la aparición de una pequeña barra de desplazamiento horizontal en el navegador web en determinadas actividades.

El resultado más importante de la evaluación de este trabajo es que los alumnos consideraron los dos entornos desarrollados sobre el sistema CoMoLE **útiles** para dar soporte a nuevas maneras de aprendizaje y afrontar el estudio de una materia de una forma distinta. En este sentido, **su estudio fue más atractivo**, ya que realizaron actividades de distintos tipos desde distintos lugares y diferentes momentos, no sólo estudiaron teoría por un libro de texto o por sus apuntes de clase. A la mayoría de los estudiantes, las recomendaciones ofrecidas por el sistema les **ayudaron a organizar su tiempo de estudio**, especialmente en las situaciones en las que no disponían de mucho tiempo. Su **motivación** se incrementó, no sólo durante su interacción con el entorno, sino también en discusiones con sus compañeros sobre las explicaciones teóricas, ejemplos y ejercicios que les proponían los entornos. Esto implicó que los alumnos **buscasen más información o recursos externos**, despertándoles la curiosidad sobre la materia. Estos son logros importantes, puesto que demuestran que la recomendación de actividades dependiendo de las características personales de los estudiantes, sus acciones y su contexto **tiene sentido** en los entornos de aprendizaje móvil adaptativos. Los entornos desarrollados para estos casos de estudio tuvieron **gran aceptación** por parte de los estudiantes.

Los datos concretos y las reflexiones que fundamentan las conclusiones anteriores se incluyen en el capítulo 5 de esta memoria.

6.3. Ventajas y limitaciones

El mecanismo de recomendación propuesto es lo suficientemente potente para representar y dar soporte a la recomendación y adaptación de distintos tipos de actividades en función de las características de usuarios, grupos y contexto en que se encuentran.

La modularización del proceso de recomendación basado en reglas permite llevar a cabo adaptaciones a distintos niveles de granularidad. Cada uno de estos niveles de adaptación es a su vez configurable a través de reglas. Es posible definir filtros generales que afecten a todas las actividades del entorno, reglas que sólo afecten a un grupo determinado de actividades o establecer requisitos especiales para la realización de determinadas actividades. Por tanto, es posible generar entornos distintos mediante la

elección de los módulos específicos deseados y la configuración de su comportamiento. Es decir, el modo en que se realizarán las recomendaciones no está fijado, sino que las posibilidades durante el proceso de recomendación serán decisión del diseñador del entorno, lo que otorga una gran flexibilidad a la parte correspondiente del mecanismo de recomendación basado en reglas.

Más específicamente, el modo en que se da soporte a la recomendación de actividades hace posible: agrupar actividades relacionadas en una estructura determinada definiendo sus características comunes; incluir o excluir actividades; organizar actividades dentro de diferentes estructuras; adaptar la guía de navegación ofrecida a los usuarios entre actividades; especificar recomendaciones generales relacionadas con la (in)conveniencia de ciertos tipos de actividades en distintos contextos; definir requisitos particulares de realización; establecer dependencias entre actividades; gestionar grupos de trabajo y actividades colaborativas; y generar espacios de trabajo a partir de contenidos herramientas.

Y todo ello se puede especificar de distinta forma en función del tipo de usuario a quien esté dirigida la adaptación: se pueden incluir actividades para unos usuarios y para otros no; se pueden organizar las actividades de distintas formas para los distintos tipos de usuario; se pueden ofrecer guías de navegación diferentes a distintos usuarios, incluso aunque se encuentren realizando el mismo conjunto de actividades; se pueden especificar distintos criterios de recomendación de actividades para usuarios diferentes, incluso aunque estén en el mismo contexto; etc.

Una ventaja para los usuarios de este tipo de entornos es que se les ayuda a organizarse y aprovechar espacios de tiempo libre para realizar actividades pendientes, ya sea de forma individual o colaborativa. A raíz de los resultados y las opiniones obtenidas de los estudiantes en los dos casos de estudio realizados con estudiantes de Ingeniería Informática de la Universidad Autónoma de Madrid, se puede concluir que este tipo de entornos educativos para el aprendizaje móvil es útil para los estudiantes. Los estudiantes propusieron extender los entornos desarrollados para que cubriesen la totalidad del temario de ambas asignaturas, y sugirieron que estos entornos estuvieran accesibles desde el principio del cuatrimestre, lo que indica la aceptación de estos entornos entre los estudiantes.

Un inconveniente de estos entornos es la necesidad de crear contenidos apropiados para mostrar en distintos dispositivos, como las PDAs. Según los resultados obtenidos en los casos de estudio realizados, los estudiantes indicaron que las actividades más apropiadas para este tipo de dispositivos fueron actividades de tipo repaso y ejercicios tipo tests. Es posible que esto se deba a que este tipo de actividades no contenían imágenes o tablas de datos con grandes dimensiones, adecuándose en mayor medida a las dimensiones de la pantalla y a las capacidades de entrada de estos dispositivos móviles.

En cuanto al diseño de estos entornos, es esencial ofrecer herramientas de autor que faciliten a los diseñadores su creación, así como la inclusión de características y criterios de adaptación que pueden utilizarse por omisión con propósitos adaptativos, ya que de esta manera los diseñadores emplearán menos tiempo en la creación y configuración de los entornos. En este sentido, esta propuesta incluye ayudas como una herramienta de autor, un módulo de recomendación basado en la información de otros usuarios y rasgos y criterios de recomendación y adaptación predefinidos. Concretamente, la herramienta de autor guía a los diseñadores durante el proceso de creación y configuración de un nuevo entorno adaptativo ubicuo, permitiendo utilizar rasgos de adaptación y filtros generales de contexto comunes previamente definidos, la definición de las actividades individuales y colaborativas que los usuarios tendrán que realizar, la especificación de diferentes criterios de adaptación (estructurales, generales de contexto, individuales y de espacios de trabajo colaborativos) y, por último, la inclusión de los contenidos de cada una de las actividades.

La recomendación basada en información de otros usuarios, que utiliza modelos de Markov para predecir la adecuación de realizar determinadas actividades en una determinada situación, tiene sus ventajas e inconvenientes. La principal ventaja es que la utilización de este módulo permite que los diseñadores de estos entornos puedan decidir utilizar sólo recomendaciones de este tipo para seleccionar las actividades que se recomendarán a cada estudiante basándose en las acciones previas de usuarios con características similares en situaciones análogas. En esta situación, cuando el diseñador está creando un nuevo entorno de aprendizaje móvil, sólo tendría que estructurar las actividades que los usuarios deben realizar, suministrar la información de dichas actividades y proporcionar las distintas versiones de contenidos que se proveerán a los estudiantes en cada una de ellas. No sería necesario incluir ningún criterio de recomendación particular. Este proceso es similar al que los diseñadores realizan a la hora de crear cursos planos accesibles a través de Internet, donde no se tiene ningún tipo de adaptación. También es posible combinar este tipo de recomendaciones con reglas sencillas. Sin embargo, tiene el inconveniente de que el módulo de recomendación basado en información de otros usuarios necesita suficientes datos previos para realizar la recomendación de las actividades más adecuadas para cada tipo de usuario. Para que este módulo pueda realizar recomendaciones, es necesario que exista suficiente información sobre las acciones de cada tipo de usuario. No tendría sentido realizar ninguna recomendación a un usuario que es de un tipo concreto cuando se tuviera información solamente de, por ejemplo, cuatro usuarios con las mismas características. Si el diseñador decide utilizar solamente este módulo de recomendación y prescindir del módulo de recomendación basado en reglas de adaptación, los primeros usuarios de estos entornos no obtendrían ningún tipo de recomendación, ya que no existiría información suficiente para poder realizar una recomendación con suficiente grado de confianza. Una vez que el entorno almacenase suficiente información sobre la realización de actividades, se podrían realizar recomendaciones basándose en las

acciones de otros usuarios. La decisión de utilizar exclusivamente el módulo de recomendación basado en la información de otros usuarios, exclusivamente el módulo de recomendación basado en filtros y reglas, o una combinación de ambos, la debe tomar el diseñador del entorno.

A pesar de que el proceso de especificación de diferentes criterios de adaptación requiere cierto esfuerzo, se pueden crear entornos ricos en adaptación de forma sencilla en poco tiempo. Para ello, el diseñador puede utilizar los filtros generales de contexto que se proporcionan por omisión y modificarlos según los rasgos de adaptación que se quieran considerar, y seleccionar el módulo de recomendación basado en información de otros usuarios, que no requiere de ninguna información extra por parte del autor. Por tanto, la herramienta de autor y el módulo de recomendación basado en información de otros usuarios facilitan las labores de creación y configuración de estos nuevos entornos.

6.4. Trabajo actual y futuro

Actualmente, se está extendiendo el conjunto de reglas de adaptación y criterios de recomendación a disposición de los autores para utilizar por omisión en cada filtro del mecanismo de recomendación, con el objetivo de facilitar la creación de los entornos tanto como sea posible. También se planea utilizar los grafos de recorridos obtenidos a partir de las acciones de los usuarios en los entornos creados hasta el momento para ofrecer recomendaciones en estos entornos durante el curso siguiente.

Actualmente se está considerando incluir funcionalidad para dar soporte a la generación automática de reglas según determinadas características del usuario, de tal manera que el diseñador del entorno no tenga que especificar varias reglas de adaptación relacionadas con una determinada característica. Por ejemplo, en el caso de la dimensión secuencial-global de los estilos de aprendizaje, que influye en que los estudiantes prefieran ser guiados directamente a través del conjunto de actividades o que prefieran navegar libremente, se podrían crear variaciones de las reglas estructurales automáticamente, de tal manera que se ofreciese una guía directa a los estudiantes secuenciales y una guía libre a los globales, como se propone en [Paredes02b]. Algo parecido se podría hacer con la dimensión sensorial-intuitivo, ya que se sabe que los estudiantes sensoriales prefieren realizar primero las actividades con ejemplos y luego las actividades teóricas, en la línea del trabajo presentado en [Paredes02a]. Sería interesante que los creadores de los entornos pudieran seleccionar incluir este tipo de adaptación o no, y que la herramienta generara distintas variaciones de las reglas de adaptación automáticamente en función de esos rasgos.

También se ha planificado la integración de “agendas inteligentes” dentro del sistema CoMoLE, para facilitar la organización de actividades programadas y la gestión de recursos físicos teniendo en cuenta el contexto de los usuarios [Arroyo07].

En un futuro a corto plazo se planea modificar la propuesta presentada para incluir algunas de las sugerencias ofrecidas por los estudiantes, como:

- Adaptación del número de actividades sugeridas al usuario en el área de recomendación del espacio de trabajo, dependiendo, por ejemplo, del espacio disponible en la interfaz del dispositivo utilizado.
- Actualización de las recomendaciones ofrecidas en el área de recomendación en función de la selección del usuario en un determinado momento. Cuando un usuario salta de un punto a otro en la tabla de actividades anotada y selecciona una nueva actividad, si en ese momento hay más actividades recomendadas de las que caben en el área de recomendación, se podrían mostrar en esa área aquellas más relacionadas con la última seleccionada.
- Posibilidad de habilitar y deshabilitar la funcionalidad de recomendación de actividades en el entorno, de modo que se puedan ofrecer recomendaciones bajo petición del usuario. Esta sugerencia surgió a raíz de una opinión en la que los estudiantes comentaban que cuando se encuentran más cansados, las actividades recomendadas por el entorno pueden no ser apropiadas, sobretodo si exigen un nivel de concentración elevado, incluso aunque tengan tiempo suficiente. Los estudiantes comentaron que en estas situaciones preferían que el sistema les dejase navegar libremente entre las actividades, para poder realizar aquellas que les requiriesen menor concentración, como actividades de repaso, o revisar ejemplos de conceptos aprendidos anteriormente. En realidad, el cansancio, el nivel de concentración o el estado emocional de los usuarios son parámetros que se podrían incorporar como rasgos a tener en cuenta para las recomendaciones, e incluso para variar el comportamiento del mecanismo de recomendación a alto nivel.

También se está considerando ofrecer a los responsables de los entornos creados las sugerencias realizadas por los estudiantes sobre las características particulares de dichos entornos:

- Considerar la dimensión secuencial-global de los estilos de aprendizaje y el nivel de conocimientos de los estudiantes, para, por una parte, permitir a los usuarios navegar con mayor o menor flexibilidad y, por otro, facilitar el paso a contenidos avanzados sin tener que pasar por los más básicos.
- Considerar la posibilidad de incorporar al conjunto de filtros y reglas de recomendación una nueva regla general de contexto que indique que cuando los estudiantes se

conecten con una PDA se les recomienden especialmente actividades de repaso y ejercicios tipo tests, como demandaron los estudiantes.

- Incluir explicaciones más elaboradas sobre las respuestas correctas de cada uno de los ejercicios, e incorporar un nuevo tipo de actividad, “examen”, que permita a los estudiantes entrenarse con exámenes de años anteriores y saber la nota que obtendrían en los mismos.
- Mejorar la visualización de contenidos orientados a PDAs, evitando el uso de la barra de desplazamiento horizontal, que en algunos casos creó algunas dificultades a los estudiantes.

La intención es poner a disposición de los estudiantes del próximo curso los entornos EDI1 y SO1 desde el inicio del cuatrimestre, incluyendo más actividades y contenidos, para cubrir una mayor parte del temario, y también con las mejoras y actualizaciones oportunas, de forma que los estudiantes puedan beneficiarse del uso de estos entornos de aprendizaje móvil. Además, se podrá comprobar si las mejoras realizadas (descritas anteriormente) son útiles para los nuevos estudiantes.

Como trabajo a medio plazo, se considera la realización de otro estudio en el que se ofrezca inicialmente la posibilidad de realizar cualquiera de las actividades de aprendizaje (sería un entorno sin filtros ni reglas de recomendación). Posteriormente se analizarían los datos sobre la realización de las distintas actividades y se compararían con la información obtenida en los casos de estudio presentados en esta memoria. Toda la información se analizaría con el objetivo de extraer criterios de adaptación relevantes basados en las acciones de los usuarios cuando se les deja navegar libremente por el entorno. Además, serviría para poder probar el módulo de recomendación basada en la información de otros usuarios sin utilizar reglas de recomendación previamente. De esta manera, se podrían analizar, mediante técnicas de aprendizaje automático, los rasgos de los usuarios más relevantes para determinar las acciones de los usuarios. Esto serviría para considerar sólo esos rasgos y reducir el número de clases generadas para representar a los distintos tipos de usuarios en el modelo de Markov, de forma que se incremente el número de usuarios en cada una de las clases. Gracias a esto, se podrían realizar recomendaciones a los usuarios sin necesidad de reglas de adaptación, ya que el número de usuarios por categoría sería mayor y se obtendría información significativa antes.

Además, se considera la realización de un tercer estudio que combine recomendaciones basadas en criterios especificados por el autor del entorno con la recomendación basada en acciones de otros usuarios. De esta manera, se podría comparar: la información obtenida en los casos de estudio presentados sobre el sistema CoMoLE en esta memoria, donde la recomendación de actividades se ha realizado utilizando criterios especificados por el autor; la información que se obtendría del estudio comentado

anteriormente, donde se utilizaría exclusivamente la recomendación basada en acciones de otros usuarios; y la información del estudio que combinase ambos tipos de recomendaciones. El objetivo de esta comparación es comprobar las prestaciones de cada una de las soluciones e intentar extraer información sobre los criterios de recomendación más relevantes en este tipo de entornos.

También se ha planteado la posibilidad de analizar las acciones de los usuarios en estos entornos adaptativos móviles, para extraer conclusiones sobre lo que está ocurriendo en el entorno (dificultades en determinadas actividades, posibilidades de mejorar ciertas reglas de adaptación, etc.), en la línea del trabajo de evaluación de sistemas adaptativos presentado en [Ortigosa03]. Además, se podría estudiar la posibilidad de gestionar las interacciones en el caso de actividades colaborativas, en la línea de trabajo descrito en [Isla06] modelando la organización de cada uno de los grupos que participan en el proceso colaborativo para describir de una forma más precisa las responsabilidades de cada miembro y las dependencias entre ellas.

Otro trabajo que se ha pensado realizar en el futuro consiste en cambiar el modelo de Markov por un modelo oculto de Markov, que permita realizar recomendaciones a los usuarios sin necesidad de preguntarles a través de formularios ninguna característica sobre sus rasgos personales o el contexto en el que se encuentran. Utilizando un modelo oculto de Markov se podrían detectar patrones de comportamiento y predecir la realización de actividades basándose sólo en las acciones previas de otros usuarios. Por un lado, los modelos ocultos de Markov facilitarían a los diseñadores las labores de diseño, y por otro, los usuarios no tendrían que emplear tiempo en contestar a una serie de preguntas o cuestionarios sobre sus características personales. Si se deseara tener en cuenta información sobre los usuarios sin sobrecargarles con preguntas o cuestionarios para adquirir esta información, otra posibilidad, que también se desea explorar, consiste en la adquisición automática de datos para el modelo de usuario, intentando obtener información sobre características de los estudiantes, como los estilos de aprendizaje, por ejemplo, sin tener que exigir a los estudiantes la realización de los cuestionarios correspondientes, mediante un análisis de su interacción con el ratón, por ejemplo [Spada08] o intentando acortar el número de preguntas del cuestionario [Ortigosa08].

Por último, se explorará la posibilidad de utilizar este mecanismo de recomendación para la creación de entornos orientados a personas con necesidades especiales y específicas dentro del marco del proyecto HADA (TIN2007-64718).

6.5. Publicaciones a las que ha dado lugar este trabajo

El trabajo desarrollado en esta tesis se enmarca dentro del proyecto “Ubiquitous Collaborative Adaptive Training” financiado por Ministerio de Educación y Ciencia (TIN2004-03140), cuyo objetivo principal es el desarrollo de un entorno integrado que facilite la realización de actividades educativas desde cualquier lugar utilizando diferentes dispositivos. El trabajo presentado en esta tesis cubre parte de los objetivos de este proyecto, dando lugar a un mecanismo y sistema de recomendación de actividades que permite la creación y generación de entornos educativos donde actividades individuales y colaborativas pueden realizarse en diferentes situaciones.

Actualmente se está trabajando dentro del proyecto HADA (“Hipermedia Adaptativa para la atención a la Diversidad en entornos de inteligencia ambiental”), financiado también por el Ministerio de Educación y Ciencia (TIN2007-64718). El principal objetivo de este proyecto es desarrollar metodologías y herramientas que integren la hipermedia adaptativa y entornos de inteligencia ambiental, con el fin de facilitar el uso de nuevas tecnologías a usuarios con necesidades especiales y específicas, concretamente discapacitados mentales y personas mayores. El trabajo presentado en esta memoria se encuentra también dentro del marco de trabajo de este proyecto, e incorporando nuevas características de adaptación relacionadas con las necesidades especiales y específicas de los usuarios finales beneficiarios de los resultados de este proyecto, se pueden realizar recomendaciones orientadas a facilitar el uso de las nuevas tecnologías a dichos usuarios.

Las aportaciones y los resultados de esta tesis reconocidos externamente se condensan en el siguiente conjunto de publicaciones nacionales e internacionales.

6.5.1. *Revistas internacionales y LNCS*

1. Martín, E., Carrasco, N., Carro, R.M.: Authoring and Recommendation of Collaborative Graphical Activities in Context-based Adaptive M-Learning. En: **International Journal of Computer Science & Applications**, Vol. 5, Issue I, pp. 49-70. Special Issue New Trends on AI Techniques for Educational Technologies. Rajendra Akerkar (ed. in chief). Pulido, E. & R-Moreno, M.D. (guest eds.). ISSN: 0972-9038. Febrero 2008.
2. Martín, E., Carro, R.M., Rodríguez, P.: A Mechanism to Support Context-based Adaptation in M-Learning. En: Nejd, Wolfgang; Tochtermann, Klaus (Eds.) **Innovative Approaches for Learning and Knowledge Sharing. Lecture Notes in Computer Science**, Vol. 4227, pp. 302-315, Nejd, Wolfgang; Tochtermann, Klaus (Eds.). Springer Berlin / Heidelberg. Proceedings of the First European Conference on Technology Enhanced Learning, EC-TEL 2006. Crete, Greece. ISSN: 0302-9743. 2006.

3. Alfonseca, E., Carro, R.M., Martín, E., Ortigosa, A., Paredes, P.: The Impact of Learning Styles on Student Grouping for Collaborative Learning: A case study. En: **User Modeling and User-Adapted Interaction**, Vol. 16, 3-4, pp. 377-401. Special Issue: User Modelling to Support Groups, Communities and Collaboration. Springer Netherlands. Septiembre 2006. JCR: 1.308.
4. Martín, E., Andueza, N., Carro, R.M., Rodríguez, P.: Recommending Activities in Collaborative M-Learning. En: Weibelzahl, S. & Cristea, A. (Eds.) Proceedings of Workshops held at the Fourth International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems (AH2006). **Lecture Notes in Learning and Teaching** (ISSN 1649-8623). Dublin, Ireland. 2006.
5. Carro, R.M., Freire, M., Martín, E., Ortigosa, A., Paredes, P., Rodríguez, P., Schlichter, J.: Authoring and Dynamic Generation of Adaptive E-Courses. En: **Web Engineering. Lecture Notes in Computer Science** 3140. Eds: Koch, N., Fraternali, P. and Wirsing, M. (Springer-Verlag), pp. 619-620. ISSN: 0302-9743. 2004.
6. Carro, R.M., Ortigosa, A., Martín, E., Schlichter, J.: Dynamic Generation of Adaptive Web-based Collaborative Courses. En: **Groupware: Design, Implementation and Use. Lecture Notes in Computer Science** 2806. Eds: Decouchant, D. and Favela, J. (Springer-Verlag), pp. 191-198. ISSN: 0302-9743. 2003.
7. (*pendiente de notificación*) Martín, E., Carro, R.M.: Supporting the Development of Mobile Adaptive Learning Environments. En: **IEEE Transactions on Learning Technologies**. Special Issue on Personalization.

6.5.2. Capítulos de libro

1. Carro, R.M., Martín, E.: Personalized Education. En: **Personalization of Interactive Multimedia Services: A Research and Development Perspective - CB**. Pazos-Arias, J.J., Delgado Kloos, C., Lopez Nores, M. (Eds.) ISBN: 978-1-60456-680-2. Nova Science Publishers. New York, USA. 2008.

6.5.3. Conferencias y talleres internacionales

1. Martín, E., Carrasco, N., Carro, R.M.: Authoring Collaborative Graphical Editors for Adaptive Context-based Learning Environments. En: Hatzilygeroudis, I., Ortigosa, A., R-Moreno, M. D. (eds.) Proceedings of the 2007 **International Workshop on Representation models and Techniques for Improving e-Learning: Bringing Context into the Web-based Education (ReTLeL'07)** at 6th International and Interdisciplinary Conference on Modeling and Using Context (ISSN 1613-0073), pp.48-55. 2007.

2. Martín, E., Andueza, N., Carro, R.M.: Architecture of a System for Context-based Adaptation in M-Learning. En: Kinshuk, Kope, R., Kommers, P., Kirschner, P., Sampson, D.G. & Didden, P. (Eds.) **Proceedings of the 6th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2006)**, pp. 252-254. IEEE Computer Society Press (ISBN 0-7695-2632-2). Kerkraade, Netherlands. 2006.
3. Martín, E., Mena, R.: An Adaptive Hypermedia E-learning System for the Study of Theoretical Exam to Obtain the Spanish License Driving. En: **Proceedings of World Conference on E-learning in Corporate, Government, Healthcare and Higher Education, ELearn 2005**, pp. 3220-3225. Vancouver, Canadá. 2005.
4. Martín, E., Paredes, P.: Using Learning Styles for Dynamic Group Formation in Adaptive Collaborative Hypermedia Systems. Actas del Taller "**Adaptive Hypermedia and Collaborative Web-based Systems**" (AHCW'04) dentro de la Conferencia Internacional Web Engineering (ICWE'04), Munich, Germany. 2004.
5. Martín, E., Carro, R.M., Ortigosa, A., Schlichter, J.: Building Adaptive Collaborative Workspaces for E-Learning. Actas de la II Conferencia Internacional multimedia ICT's in Education (m-ICTE'03), Badajoz, España. "**Advances in Technology-Based Education: Toward a Knowledge-Based Society**", Serie "Sociedad en la Información", Vol. I, ISBN 84-96212-10-6, pp. 573-577. 2003

6.5.4. Conferencias y talleres nacionales

1. Martín, E., Carro, R. M., Rodríguez, P.: CoMoLE: A Context-based Adaptive Hypermedia System for M-Learning. En: Actas del **VIII Simposio Nacional de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la Educación (SINTICE 07)** en el II Congreso Español de Informática (CEDI 2007), pp. 79-86. Thomson. 2007.
2. Martín, E., Andueza, N., Carro, R.M., Rodríguez, P.: Adaptación de Actividades a Usuarios y Grupos en Entornos Hipermedia Colaborativos. En: Actas de la **VII Conferencia Internacional Interacción Persona Ordenador**. Diseño de la Interacción Persona Ordenador, Tendencias y Desafíos, pp. 289-294 (ISBN 84-690-1613-X). Puertollano, Ciudad Real, España. 2006.
3. Martín, E., Mena, R.: Sistema de Enseñanza On-line con Tests Adaptativos para Autoescuelas. En: Actas de **I Simposio Nacional de Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones en la Educación (SINTICE 05)**, dentro del I Congreso Español de Informática (CEDI 2005), pp. 219-226. También publicado en las actas del CEDI 2005, versión integral digital (DVD con ISBN: 84-609-6891-X). Granada, España. 2005

4. Martín, E., Martínez, M.: Un Modelo para el Diseño de Juegos Adaptativos y Colaborativos. En: **III Taller de Sistemas Hipermedia Colaborativos y Adaptativos** SIHICA 2005. Granada, España.
5. Martín, E., Carro, R.M., Ortigosa, A.: Generación Dinámica de Espacios de Colaboración en Cursos Adaptativos basados en la Web. Actas del Taller "**Trabajo en Grupo y Aprendizaje Colaborativo: experiencias y perspectivas**" dentro de la **Conferencia de la Asociación Española para la Inteligencia Artificial & V Jornadas de Transferencia Tecnológica de Inteligencia Artificial (CAEPIA & TTIA '2003)**, San Sebastián, España, pp. 143-152. 2003.

Bibliografía

- [Abowd97] Abowd, G. D., Atkeson, C.G., Hong, J.I., Long, S., Kooper, R., Pinkerton, M.: **Cyberguide: A mobile context-aware tour guide**. Wireless Networks, vol. 3 (5), pp. 421-433. 1997.
- [Anderson02] Anderson, C., Domingos, P., Weld, D.: **Relational Markov models and their application to adaptive Web navigation**. Proceedings of the Eighth ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, pp. 143-152. ACM Press. 2002.
- [Alfonseca06] Alfonseca, E., Carro, R.M., Martín, E., Ortigosa, A., Paredes, P.: **The Impact of Learning Styles on Student Grouping for Collaborative Learning: A case study**. User Modeling and User-Adapted Interaction, vol. 16 (3-4), pp. 377-401. Special Issue: User Modelling to Support Groups, Communities and Collaboration. Springer Netherlands. 2006.
- [Ardissono03] Ardissono, L., Goy, A., Petrone, G., Segnan, M., Torasso, P.: **INTRIGUE: Personalized recommendation of tourist attractions for desktop and handset devices**. Applied Artificial Intelligence vol. 17(8-9), pp. 687-714. 2003.
- [Arroyo07] Arroyo, R., Garrido, J.L., Gea, M., Haya, P.A., Carro, R.M.: **Interfacing Task Scheduling for a B-learning Environment**. Proceedings of 3rd International Conference on Web Information Systems and Technologies, vol. IT, INSTICC (ISBN: 978-972-8865-77-1), pp. 497-504. 2007.
- [Arruabarrena02] Arruabarrena, R., Pérez, T., López-Cuadrado, J., Gutiérrez, J., Vadillo, J.A.: **On Evaluating Adaptive Systems for Education**. Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems. Lecture Notes in Computer Science, vol. 2347, pp. 363-367. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. New York. 2002.
- [Barros00a] Barros, B., Verdejo, M.F.: **Analysing student's interaction process for improving collaboration: the DEGREE approach**. International Journal for Artificial Intelligence in Education, vol.11, pp. 221-241. 2000.
- [Barros00b] Barros, B., Verdejo, M.F.: **DEGREE: un sistema para la realización y evaluación de experiencias de aprendizaje colaborativo en enseñanza a distancia**. Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial. vol 9, pp. 27-37. 2000.

- [Barros98] Barros, B., Verdejo, M.F.: **Designing Workspaces to support collaborative learning.** En: Pobil, A.P., Mira, J., Moonis, A. (eds.): Tasks and Methods in Applied Artificial Intelligence. LNAI, vol. 1416, pp. 668-677. Springer-Verlag. 1998.
- [Baum70] Baum, L. E., Petrie, T., Soules, G., Weiss, N.: **A maximization technique occurring in the statistical analysis of probabilistic functions of Markov chains,** Annual Math. Statist., vol. 41, no. 1, pp. 164-171. 1970.
- [Bighini03] Bighini, C. Carbonaro, A. Casadei, G.: **InLinx for document classification, sharing and recommendation.** Proceedings of the 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, pp. 91-95. 2003.
- [Billsus00] Billsus, D., Pazzani, M. J.: **User Modeling for Adaptive News Access.** User Modeling and User-Adapted Interaction, vol.10 (2-3), pp. 147-180. Kluwer Academic Publishers. 2000.
- [Bloom56] Bloom, B.S., Engelhart, M.D., Furst, E.J., Hill, W.H., Krathwohl, D.R. **Taxonomy of Educational Objectives.** Longmans, Green and Co Ltd, London. 1956.
- [Bontcheva02] Bontcheva, K.: **Adaptivity, Adaptability, and Reading Behaviour: Some Results from the Evaluation of a Dynamic Hypertext System.** Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems. Lecture Notes in Computer Science, vol. 2347., pp. 69-78. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. New York. 2002.
- [Brady04] Brady, A., Conlan, O., Wade, V.: **Dynamic Composition and Personalization of PDA-based eLearning – Personalized mLearning.** Proceedings of World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education 2004, pp. 234-242. Chesapeake, VA: AACE. 2004.
- [Bravo07] Bravo, J., Vialardi, C., Ortigosa, A.: **A Problem-Oriented Method for Supporting AEH Authors through Data Mining.** Proceedings of the Workshop on Applying Data Mining in e-Learning 2007, pp. 53-62. Creta, Grecia. 2007.
- [Bravo06b] Bravo, C., Redondo, M.A., Ortega, M., Verdejo, M.F.: **Collaborative distributed environments for learning design tasks by means of modelling and simulation.** Journal Network and Computer Applications, vol. 29 (4), pp: 321-342. 2006.

- [Bravo06a] Bravo, C., García, P.: **A System to Support Collaborative Mobile Electronic Meetings**. Lecture Notes in Computer Science, vol. 4101, pp. 200-210. Springer Berlin Heidelberg. 2006.
- [Brusilovsky07] Brusilovsky, P., Millán, E.: **User Models for Adaptive Hypermedia and Adaptive Educational Systems**. The Adaptive Web: Methods and Strategies of Personalization, Lecture Notes in Computer Science vol. 4321, pp. 3-53. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2007.
- [Brusilovsky01] Brusilovsky, P. **Adaptive hypermedia**. User Modeling and User-Adapted Interaction, 11. Kluwer Academic Publishers, 87-110. 2001.
- [Brusilovsky98a] Brusilovsky P., Kobsa A., Vassileva J.: **Adaptive Hypertext and Hypermedia**. Kluwer Academic Publishers 1-43. 1998.
- [Brusilovsky96a] Brusilovsky, P.: **Methods and techniques of adaptive hypermedia**. User Modeling and User Adapted Interaction, vol. 6, 2-3, pp. 87-129. 1996.
- [Brusilovsky96b] Brusilovsky, P., Schwarz, E., Weber, G.: **ELM-ART: An intelligent tutoring system on World Wide Web**. Third International Conference on Intelligent Tutoring Systems, ITS-96. Lecture Notes in Computer Science, vol. 1086, pp. 261-269. Berlin: Springer Verlag. 1996.
- [Bull05] Bull, S., Cui, Y., Röbig, H., Sharples, M.: **Adapting to Different Needs in Different Locations: Handheld Computers in University Education**. International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education, pp. 48-52. 2005.
- [Bull04] Bull, S., Cui, Y., McEvoy, A.T., Reid, E., Yang, W.: **Roles for Mobile Learner Models**. Proceedings of the 2nd IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education, pp. 124–128. 2004.
- [Bull03] Bull, S., McEvoy, A. T., Reid, E.: **Learner Models to Promote Reflection in Combined Desktop PC / Mobile Intelligent Learning Environments**. Proceedings of the International Workshop on Learner Modelling for Reflection at 11th International Conference on Artificial Intelligent in Education. 2003.
- [Burke02] Burke, R.: **Hybrid Recommender Systems: Survey and Experiments**. User Model. User-Adapted Interaction, vol. 12(4), pp. 331-370. Kluwer Academic Publisher. 2002.
- [Calvi00] Calvi, L.: **Formative Evaluation of Adaptive CALLware: A Case Study**. Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems. Lecture Notes in Computer Science, vol. 1892, pp. 276-279. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. New York. 2000.

- [Carrasco05] Carrasco, Néstor: **Editores Colaborativos Configurables**. Proyecto fin de carrera. Ingeniería Informática. Universidad Rey Juan Carlos. Dirigido por: Estefanía Martín. 2005.
- [Carro04] Carro, R.M., Freire, M., Martín, E., Ortigosa, A., Paredes, P., Rodríguez, P., Schlichter, J.: **Authoring and Dynamic Generation of Adaptive E-Courses. En: Web Engineering**. Lecture Notes in Computer Science vol. 3140, pp. 619-620. Springer Verlag. 2004.
- [Carro03a] Carro, R.M., Ortigosa, A., Schlichter, J.: **A Rule-based Formalism for Describing Collaborative Adaptive Courses**. Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems. Lecture Notes in Artificial Intelligence 2774, pp. 252–259. Springer-Verlag. 2003.
- [Carro03b] Carro, R.M., Ortigosa, A., Martín, E., Schlichter, J.: **Dynamic Generation of Adaptive Web-based Collaborative Courses**. CRIWG 2003. Groupware:Design, Implementation and Use. Lecture Notes in Computer Science. Volumen 2806, 191-198. Springer-Verlag. Berlín, Heidelberg. 2003.
- [Carro02] Carro, R.M.: **Adaptive Hypermedia in Education: New Considerations and Trends**. Proceedings of the 6th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics, vol. 2, pp. 452-458. 2002.
- [Carro01] Carro, R.M.: **Un mecanismo basado en tareas y reglas para la creación de sistemas hipermedia adaptativos: aplicación a la educación a través de Internet**. Tesis doctoral. Departamento de Ingeniería Informática. UAM. 2001.
- [Carro99] Carro, R.M., Pulido, E., Rodríguez, P.: **Dynamic generation of adaptive internet-based courses**. Journal of Network and Computer Applications, vol. 22: pp. 249-257. Academic Press. 1999.
- [Cawsey00] Cawsey, A., Jones, R.B., Pearson, J.: **The Evaluation of a Personalised Information System for Patients with Cancer**. User Modeling and User-Adapted Interaction, vol. 10 (1), pp. 47-72. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands. 2000.
- [Chen07] Chen, M., Yen, J.: **An evaluation of learners' satisfaction toward mobile learning**. Proceedings of the 6th Conference on WSEAS International Conference on Applied Computer Science, vol. 6, pp. 382-388. World Scientific and Engineering Academy and Society, Stevens Point, Wisconsin. 2007.

- [Cheverst00] Cheverst, K., Davies, N., Mitchell, K., Smith, P.: **Providing Tailored (Context-Aware) Information to City Visitors**. Lecture Notes in Computer Science, vol. 1892, pp. 73-85. Springer-Verlag. 2000.
- [Chun01] Chun, I., Hong, I.: **The implementation of knowledge-based recommender system for electronic commerce using Java expert system library**. Proceedings of IEEE International Symposium on Industrial Electronics, pp. 1766-1770. Korea. 2001.
- [Claypool99] Claypool, M., Gokhale, A., Miranda, T., Murnikov, P., Netes, D., Sartin, M.: **Combining content-based and collaborative filters in an online newspaper**. Proceedings of ACM SIGIR Workshop on Recommender Systems: Algorithms and Evaluation, 1999.
- [Conlan02] Conlan, O., Wade, V., Bruen, C., Gargan, M.: **Multi-Model, Metadata Driven Approach to Adaptive Hypermedia Services for Personalized eLearning**. Lecture Notes in Computer Science, vol. 2347, pp. 100-111. Springer-Verlag. 2002.
- [Corlett05] Corlett D., Sharples M., Bull S., Chan, T.: **Evaluation of a mobile learning organiser for university students**. Journal of Computer Assisted Learning, vol. 21, number 3, pp. 162-170. 2005.
- [Costa89] Costa, P.T., McCrae, R.R.: **The NEO-PI/NEO-FFI manual supplement**. Odessa, FL Psychological Assessment Resources. 1989.
- [Cui05] Cui, Y., Bull, S.: **Context and learner modelling for the mobile foreign language learner**. System, vol. 33 (2), pp. 353-367. 2005.
- [DeBra03] De Bra, P., Aerts, A., Berden, B., De Lange, B., Rousseau, B., Santic, T., Smits, D., Stash, N.: **AHA! The Adaptive Hypermedia Architecture**. Proceedings of the 14th ACM Conference on Hypertext and Hypermedia, pp. 81-84. ACM Press, MY, USA. 2003.
- [DeBra98] De Bra, P., Calvi, L.: **AHA! An open Adaptive Hypermedia Architecture**. The New Review of Hypermedia and Multimedia, vol. 4, 115-139, Taylor Graham Publishers. 1998.
- [Dillenbourg99a] Dillenbourg, P. **Collaborative learning: cognitive and computational approaches**. Elsevier, Oxford. 1999
- [Felder96] Felder, R.M.: **Matters of style**. ASEE Prism, vol. 6 (4), pp. 18-23. 1996.
- [Felder88] Felder, R.M., Silverman, L.K.: **Learning Styles and Teaching Styles in College Science Education**. J. College Science Teaching, 23(5), pp. 286-290. 1988.

- [Furugori02] Furugori, N., Sato, H., Ogata, H., Ochi, Y., Yano, Y.: **COALE: Collaborative and Adaptive Learning Environment**. CACL 2002, pp. 493-494. 2002.
- [Gaudioso02] Gaudioso, E., Boticario, J.G.: **WebDL Un sistema adaptativo para el aprendizaje cooperativo a distancia a través de Internet**. Jornadas de Ingeniería del Software y Bases de Datos. Taller Sistemas Hipermedia Adaptativos y Colaborativos, pp. 18-22. 2002.
- [Gea04] Gea-Megías, M., Medina-Medina, N., Rodríguez-Almendros, M.L., Rodríguez-Fórtiz, M.J.: **Sc@ut: Platform for Communication in Ubiquitous and Adaptive Environments Applied for Children with Autism**. User-Centered Interaction Paradigms for Universal Access in the Information Society, Lecture Notes in Computer Science, vol. 3196, pp. 50-67. Springer Berlin / Heidelberg. 2004.
- [Gena02] Gena, C.: **An empirical evaluation of an adaptive web site**. Proceedings of the Sixth ACM Conference on Intelligent User Interfaces, pp. 13-16. San Francisco, USA. 2002.
- [Goh06] Goh, T., Kinshuk: **Getting Ready For Mobile Learning-Adaptation Perspective**. Journal of Educational Multimedia and Hypermedia. 15 (2), pp. 175-198. Chesapeake, VA: AACE. 2006.
- [Graham04] Graham, P., Bowerman, C., Bokma, A.: **Adaptive navigation for mobile devices**. Learning with mobile devices: research and development. London: LSDA, pp. 61-67. 2004.
- [Guo05] Guo, Y., Muller, J.P.: **A Personalized Product Recommendation Algorithm Based on Preference and Intention Learning**. Proceedings of 7th IEEE International Conference on E-Commerce Technology, pp. 566-569. 2005.
- [Haake04] Haake, J.M., Haake, A., Schummer, T., Bourimi, M., Landgraf, B.: **End-user controlled group formation and access rights management in a shared workspace system**. Proceedings of the 2004 ACM conference on Computer supported cooperative work, pp. 554-563. ACM. 2004.
- [Heijden05] Heijden, H., Kotsis, G., Kronsteiner, R.: **Mobile Recommendation Systems for Decision Making "On the Go"**. Proceedings of the International Conference on Mobile Business 2005, pp. 137-143. 2005.

- [Hernán08] Hernán, I., Lázaro, C., Velázquez Iturbide, A.: **An educative application based on Bloom's taxonomy for the learning of inheritance in oriented-object programming.** Computers and Education – Towards Educational Change and Innovation, pp. 157-167. Springer Science. 2008.
- [Isla06] Isla Montes, J.L., Gutiérrez Vela, F.L., Gea Megías, M.: **Supporting Social Organization Modelling in Cooperative Work Using Patterns.** Computer Supported Cooperative Work in Design II, Lecture Notes in Computer Science, vol. 3895, pp. 112-121. Springer Berlin / Heidelberg. 2006.
- [Jameson07] Jameson, A., Smyth, B.: **Recommendation to Groups.** The Adaptive Web. Lecture Notes in Computer Science, vol. 4321, pp. 596-627. Springer Berlin Heidelberg. 2007.
- [Johnson02] Johnson, D.W., Johnson, F.P.: **Joining together: group theory and group skills.** Pearson Allyn & Bacon. 2002.
- [Johnson85] Johnson, D.W., Johnson, R.T., Roy, P., Zaidman, B.: **Oral interaction in cooperative learning groups: Speaking, listening and the nature of statements made by high, medium and low-achieving students.** Journal of Psychology vol. 119, pp. 303-321. 1985.
- [Johnson84] Johnson, D. W., Johnson, R.T., Holubec, E.J., Roy, P.: **Circles of Learning: Cooperation in the Classroom.** Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development. 1984.
- [Johnson75] Johnson, D.W., Johnson, F.P.: **Learning Together: Group Theory and Group Skills.** Pearson Education. 1975.
- [Kay00] Kay, J.: **Stereotypes, student models and scrutability.** Proceedings of Intelligent Tutoring Systems 2000, pp. 19–30. 2000.
- [Kinshuk04] Kinshuk, Lin T.: **Application of learning styles adaptivity in mobile learning environments.** Third Pan Commonwealth Forum on Open Learning, 2004.
- [Kleanthous08] Kleanthous, S., Dimitrova, V.: **Modelling Semantic Relationships and Centrality to Facilitate Community Knowledge Sharing.** Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems. Lecture Notes in Computer Science, vol. 5149, pp. 123-132. Springer Berlin Heidelberg. 2008.

- [Kobsa07] Kobsa, A.: **Generic User Modeling Systems**. The Adaptive Web: Methods and Strategies of Web Personalization , Lecture Notes in Computer Science 4321, pp. 136-154. Springer. 2007.
- [Kobsa01] Kobsa, A., Koenemann, J., Pohl, W.: **Personalized hypermedia presentation techniques for improving on-line customer relationships**. The Knowledge Engineering Review, vol. 16 (2), pp. 111–155. Cambridge University Press. 2001.
- [Koschman96] Koschmann, T.: **Paradigms shift and instructional technology**. In T. Koschmann (Ed.), CSCL: Theory and practice of an emerging paradigm, pp. 1-23. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. 1996.
- [Ktoridou05] Ktoridou, D., Eteokleous, N.: **Adaptive m-learning: technological and pedagogical aspects to be considered in Cyprus tertiary education**. Recent Research Developments in Learning Technologies, pp. 676-683. Formatex, Badajoz, Spain. 2005.
- [Kuhila02] Kuhila, J., Miettinen, M., Nokelainen, P., Tirri, H.: **EDUCO - A Collaborative Learning Environment Based on Social Navigation**. Lecture Notes in Computer Science, vol. 2347, pp. 242-252. 2002.
- [Kurian06] Kurian, J.C., Barnaghi, P.M., Hartley, M.I.: **Semantics-based Dynamic Hypermedia Adaptation using the Hidden Markov Model**. Proceedings of the 1st International Workshop on Semantic-Enhanced Multimedia Presentation Systems. 2006.
- [Laister02] Laister, J., Kober, S.: **Social Aspects of Collaborative Learning in Virtual Learning Environments**. Networked Learning 2002 (Conference). Sheffield University.
- [Li05] Li, X., Ji, Q.: **Active affective state detection and user assistance with dynamic bayesian networks**. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part A, vol. 35(1), pp. 93–105. 2005.
- [Lieberman99] Lieberman, H., Van Dyke, N., Vivacqua, A.: **Let's Browse: A collaborative Web browsing agent**. Proceeding of the International Conference on Intelligent User Interfaces 99, pp. 65–68. ACM, New York. 1999.
- [Martín08] Martín, E., Carrasco, N., Carro, R.M.: **Authoring And Recommendation of Collaborative Graphical Activities in Context-based Adaptive M-Learning**. International Journal of Computer Science & Applications, Vol. 5, Issue I, pp. 49-70. Special Issue New Trends on AI Techniques for Educational Technologies. Rajendra Akerkar (ed. in chief). Pulido, E. & R-Moreno, M.D. (guest eds.). 2008.

- [Martín07a] Martín, E., Carro, R.M., Rodríguez, P.: **Comole: A context-based adaptive hypermedia system for m-learning**. Actas del VIII Simposio Nacional de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la Educación (SINTICE 07) en el II Congreso Español de Informática (CEDI 2007), pp. 79-86. Thomson. 2007.
- [Martín06a] Martín, E., Carro, R.M., Rodríguez, P.: **A Mechanism to Support Context-based Adaptation in M-Learning**. Innovative Approaches for Learning and Knowledge Sharing. Lecture Notes in Computer Science, vol. 4227, pp. 302-315. Springer Berlin Heidelberg. 2006.
- [Martín06b] Martín, E., Andueza, N., Carro, R.M.: **Architecture of a System for Context-based Adaptation in M-Learning**. Proceedings of the 6th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, pp. 252-254. IEEE Computer Society Press. Kerkrade, Netherlands. 2006.
- [Martín06c] Martín, E., Andueza, N., Carro, R.M., Rodríguez, P.: **Recommending Activities in Collaborative M-Learning**. Proceedings of Workshops held at the Fourth International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems (AH2006). Lecture Notes in Learning and Teaching, pp. 197-204. 2006.
- [Martín05a] Martín, E., Mena, R.: **An Adaptive Hypermedia E-learning System for the Study of Theoretical Exam to Obtain the Spanish License Driving**. Proceedings of World Conference on E-learning in Corporate, Government, Healthcare and Higher Education 2005, pp. 3220-3225. Vancouver, Canadá. 2005.
- [Martín05b] Martín, E., Martínez, M.: **Un Modelo para el Diseño de Juegos Adaptativos y Colaborativos**. III Taller de Sistemas Hipermedia Colaborativos y Adaptativos SIHICA. 2005.
- [Martín04] Martín, E., Paredes, P.: **Using Learning Styles for Dynamic Group Formation in Adaptive Collaborative Hypermedia Systems**. Actas del Taller Adaptive Hypermedia and Collaborative Web-based Systems (AHCW'04) dentro de la Conferencia Internacional Web Engineering (ICWE'04), pp. 188-198. 2004.
- [Martín03b] Martín, E., Carro, R.M., Ortigosa, A., Schlichter, J.: **Building Adaptive Collaborative Workspaces For E-Learning**. M-ICTE 2003. Advances in Technology-Based Education: Towards a Knowledge-based Society. Vol. I, pp. 573-577. 2003.

- [Moore01] Moore, A., Brailsford, T.J., Stewart, C.D.: **Personally tailored teaching in WHURLE using conditional transclusion**. Proceedings of the 12th ACM conference on Hypertext and Hypermedia, Denmark, pp. 163-164. 2001.
- [Mora03] Mora, M., Moriyón, R., Saiz, F.: **Developing applications with a framework for the analysis of the learning process and collaborative tutoring**. International Journal of Continuing Engineering Education and Lifelong Learning (IJCEELL), vol. 13, pp. 268-279. 2003.
- [Muehlenbrock05] Muehlenbrock, M.: **Formation of Learning Groups by using Learner Profiles and Context Information**. Proceedings of the 12th International Conference on Artificial Intelligence in Education AIED-2005, pp. 507-514. The Netherlands. 2005.
- [OConnor01] O'Connor, M., Cosley, D., Konstan, J., Riedl, J.: **PolyLens: A recommender system or groups of users**. Proceedings of the Seventh European Conference on Computer-Supported Cooperative Work. Kluwer. The Netherlands. 2001.
- [Ogata04] Ogata, H., Yano, Y.: **Context-aware support for computer-supported ubiquitous learning**. Proceedings of IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education, pp. 27-34. IEEE Computer Society. Taiwan. 2004.
- [Ortigosa08] Ortigosa, A., Paredes, P., Rodríguez, P.: **An adaptive hierarchical questionnaire based on the Index of Learning Styles**. Proceedings of the Workshop "Authoring of Adaptive and Adaptable Hypermedia" at Adaptive Hypermedia 2008 Conference, pp. 45-53. 2008.
- [Ortigosa03] Ortigosa, A., Carro, R.M.: **The Continuous Empirical Evaluation Approach: Evaluating Adaptive Web-Based Courses**. User Modeling, Lecture Notes in Computer Science, vol. 2702, pp. 163-167, Springer. 2003.
- [Paredes08] Paredes, P., Ortigosa, A., Rodríguez, P.: **Together: A tool for group formation based on learning styles**. Journal of Educational Technology and Society. Aceptado, pendiente de publicación. 2008.
- [Paredes07] Paredes, M., Sánchez-Villalón, P.P., Ortega, M., Velázquez-Iturbide, A.: **Collaborative Composition in a Foreign Language with Handheld Computing and Web Tools**. JUCS, vol. 13(7), pp. 948-958. 2007.
- [Paredes03] Paredes, P., Rodríguez, P.: **Incorporating learning styles into the User Model**. Advances in Technology-Based Education: Toward a Knowledge-Based Society, vol. II, pp. 774-778. 2003.

- [Paredes02a] Paredes, P., Rodriguez, P.: **Considering Sensing-Intuitive Dimension to Exposition-Exemplification in Adaptive Sequencing.** De Bra,P., Brusilovsky, P., Conejo,R. (eds.): Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems. Lecture Notes in Computer Science vol. 2347, pp. 556-559. Springer-Verlag. 2002.
- [Paredes02b] Paredes, P., Rodriguez, P.: **Tratamiento de los Casos Secuenciales-Globales Moderados y Extremos en un Sistema de Enseñanza Adaptativa.** Actas del III Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador, Eds. Aedo, I., Diaz, P. and Fernandez, C., pp. 121-127. 2002.
- [Pazzani07] Pazzani, M. J., Billsus, D.: **Content-Based Recommendation Systems.** The Adaptive Web. Lecture Notes in Computer Science, vol. 4321, pp. 325-341. Springer Berlin Heidelberg. 2007.
- [Rabiner89] Rabiner, L.: **A tutorial on Hidden Markov Models and selected applications in speech recognition.** Proceedings of IEEE, vol. 77 (2), pp. 257-269. 1989.
- [Redondo07] Redondo, M.A., Bravo, C., Ortega, Verdejo, M.F.: **Providing adaptation and guidance for design learning by problem solving: The DomoSim-TPC approach.** Computers and Education, 48 (4), pp. 642-657, Elsevier. 2007.
- [Rodríguez08] Rodríguez-Ascaso, A, Santos, O.C., Campo, E., Saneiro, M., Boticario, J.: **Personalised Support for Students with Disabilities based on Psycho-educational Guidelines.** Proceedings of WALTD 2008, pp. 15-19. 2008.
- [Rutledge08] Rutledge, L., Stash, N., Wang, Y., Aroyo, L.: **Accuracy in Rating and Recommending Item Features.** Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems. Lecture Notes in Computer Science, vol. 5149, pp. 163-172. Springer Berlin Heidelberg. 2008.
- [Sánchez07] Sánchez Hórreo, V.: **Estudio del impacto de la personalidad, inteligencia y estilo de aprendizaje en el agrupamiento de estudiantes y en su rendimiento en entornos colaborativos de enseñanza.** Diploma de Estudios Avanzados, programa de Postgrado en Ingeniería Informática y de Telecomunicación. Tutor: Rosa Mª Carro Salas. 2007.
- [Santos07] Santos, O.C., Boticario, J., Fernández del Viso, A., Pérez de la Cámara, S., Rebate Sánchez, C., Gutiérrez y Restrepo, E.: **Basic Skills Training to Disabled and Adult Learners Through an Accessible e-Learning Platform.** Lecture Notes in Computer Science, vol. 4556, pp. 796-805. Springer Berlin Heidelberg. 2007.

- [Schwartz91] Schwartz, D.L., Black, J.B., Strange, J.: **Dyads have Fourfold Advantage over Individuals Inducing Abstract Rules**. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Assn. Chicago. 1991.
- [Semeraro05] Semeraro, G., Lops, P., Degemmis, M.: **WordNet-based User Profiles for Neighborhood Formation in Hybrid Recommender Systems**. Proceedings of 5th International Conference on Hybrid Intelligent Systems, pp. 291-296. 2005.
- [Sharpless00] Sharples, M.: **The Design of Personal Mobile Technologies for Lifelong Learning**. Computers and Education, vol. 34, pp. 177-193. 2000.
- [Shim97] Shim, H.S., Hall, R.W., Prakash, A., Jahanian, F.: **Providing Flexible Services for Managing Shared State in Collaborative Systems**. Proceedings of the 5th European Conference on Computer Supported Cooperative Work, pp. 237-252. Lancaster, United Kindom. 1997.
- [Slavin80] Slavin, R.E.: **Cooperative learning**. Review of Educational Research 50, 315-342. 1980.
- [Smid02] Smid, J., Svacek, P., Volf, P.: **On Evaluation of User Adaptive and Flexible Models**. Proceedings of the IASTED International Conference on Applied Informatics, Innsbruck, Austria. 2002.
- [Smyth00] Smyth, B., Cotter, P.: **A personalized television listings service**. Source Communications of the ACM, vol. 43 (8), pp. 107-111. ACM Press. 2000.
- [Soller07] Soller, A.: **Adaptive Support for Distributed Collaboration**. Lecture Notes in Computer Science, vol. 4321, pp. 573-595. Springer Berlin Heidelberg. 2007.
- [Soller01] Soller, A.: **Supporting Social Interaction in an Intelligent Collaborative Learning System**. International Journal of Artificial Intelligence in Education, 12(1), pp. 40-62. 2001.
- [Spada08] Spada, D., Sanchez-Montanes, M., Paredes, P., Carro, R.M.: **Towards Inferring Sequential-Global Dimension of Learning Styles from Mouse Movement Patterns**. Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems. Lecture Notes in Computer Science vol. 5149, pp. 337-340. Springer. 2008.

- [Specht98] Specht, M, Oppermann, R.: **ACE – Adaptive Courseware Environment**. The New Review of Hypermedia and Multimedia, vol. 4, pp. 141-161. 1998.
- [Stolze01] Stolze, M., Ströbel, M.: **Utility-Based Decision Tree Optimization: A Framework for Adaptive Interviewing**. Lecture Notes in Computer Science, vol. 2109, pp. 105-116. Springer Berlin Heidelberg. 2001.
- [Taschuk07] Taschuk, M.: **A Hybrid Knowledge-based/Content-based Recommender System in the Bluejay Genome Browser**. Undergraduate Honours Thesis, Faculty of Medicine, University of Calgary. 2007.
- [Traxler07] Traxler, J.: **Defining, Discussing and Evaluating Mobile Learning: the moving finger writes...** The International Review of Research in Open and Distance Learning, vol. 8 (2). 2007.
- [Traxler05] Traxler, J., Kukulska-Hulme, A.: **Evaluating Mobile Learning: Reflections on Current Practice**. Proceedings MLearn 2005, Cape Town, South Africa. 2005
- [Thurstone38] Thurstone, L.L.: **Primary Mental Abilities**. Chicago University Press. 1938.
- [Verdejo06] Verdejo, M.F., Celorrio, C., Lorenzo, E., Sastre-Toral, T.: **An educational networking infrastructure supporting ubiquitous learning for school students**. Proceedings of 6th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, pp. 174–178. 2006.
- [Webb01] Webb, G. I. , Pazzani, M.J., Billsus, D.L.: **Machine learning for user modeling**. User Modeling and User-Adapted Interaction, vol. 11(1-2), pp.19–29. 2001.
- [Vygotsky78] Vygotsky, L.S.: **Mind in society: The development of higher psychological processes**. Cambridge MA: Harvard University Press. 1978.
- [Wang06] Wang, X., Li, B.: **Intelligent Knowledge Recommendation System Based on Web Log and Cache Data**. Advances in Web Based Learning. Lecture Notes in Computer Science, vol. 4181, pp. 48-56. Springer Berlin / Heidelberg. 2006.
- [Webb89] Webb, N.M.: **Peer interaction and learning in small groups**. International Journal of Educational Research, vol. 13, pp. 21-39. 1989.

- [Weber01] Weber, G., Brusilovsky, P.: **ELM-ART: An Adaptive Versatile System for Web-based Instruction**. International Journal of Artificial Intelligence in Education, vol. 12, pp. 351-384. 2001.
- [Weber97] Weber G., Specht M.: **User modeling and adaptive navigation support in WWW-based tutoring systems**. Proceedings of User Modeling '97, pp. 289-300. 1997.
- [Weiser93] Weiser, M.: **Some computer science issues in Ubiquitous Computing**. Communications of ACM, vol. 36 (7), pp. 75-84. 1993.
- [Yau07] Yau, J., Joy, M.: **A Context-aware and Adaptive Learning Schedule framework for supporting learners' daily routines**. Proceedings of the Mobile Communications and Learning Workshop (MCL 2007), as part of the IEEE ICONS Conference, pp. 31-37. 2007.
- [Zimmermann05] Zimmermann, A., Specht, M., Lorenz, A.: **Personalization and context management**. User Modeling and User-Adapted Interaction, vol. 15(3-4) Kluwer Academic Publishers, pp. 275–302. 2005.
- [Zurita04] Zurita, G., Nussbaum, M.: **A Constructivist Mobile Learning Environment Supported by a Wireless Handheld Network**. Journal of Computer Assisted Learning, vol. 20, pp. 235-243. 2004.

Direcciones de Internet

[Berners-Lee]	http://www.w3.org/People/Berners-Lee/
[Google]	http://www.google.com/
[Facebook]	http://www.facebook.com/
[FileUpload]	http://commons.apache.org/fileupload/
[IO]	http://commons.apache.org/io/
[Itext]	http://www.lowagie.com/iText/
[Jdom]	http://www.jdom.org/
[Knowcat]	http://knowcat.ii.uam.es/
[LastFM]	http://www.lastfm.es/
[Linkedin]	http://www.linkedin.com/
[Mlearn]	http://www.mlearn2008.org/
[MovieLens]	http://movielens.umn.edu/
[Myspace]	http://www.myspace.com/
[Neurona]	http://www.neurona.com/
[Phprojekt]	http://www.phprojekt.com/
[Sicopata]	http://tangow.ii.uam.es/so1/
[Tangow]	http://tangow.ii.uam.es/wotan/
[Tuenti]	http://www.tuenti.com/
[Wikipedia]	http://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia/
[Wmute]	http://www.wmute2008.org/

Anexo A: Encuesta

A continuación, se presentan las preguntas de la encuesta realizada a los estudiantes que participaron en los dos casos de estudio de las asignaturas “Estructura de Datos de la Información I” y “Sistemas Operativos I” de “Ingeniería Informática” de la “Universidad Autónoma de Madrid”.

1. ¿Te ha parecido bien que el sistema te recomendara actividades o hubieras preferido que no ofreciera ningún tipo de recomendación?
 - a. Mejor con recomendación
 - b. Me es indiferente
 - c. Mejor sin recomendación

¿Por qué?

2. ¿Crees que es útil que el sistema te oriente en las actividades a realizar dependiendo de tus características personales (estilo de aprendizaje)?
 - a. Muy útil
 - b. Útil
 - c. Ni útil ni no útil
 - d. Poco útil
 - e. Nada útil
3. ¿Crees que es útil que el sistema te oriente en las actividades a realizar dependiendo de tu contexto en cada momento (dispositivo que utilizas, tiempo del que dispones y lugar donde te encuentras)?
 - a. Muy útil
 - b. Útil
 - c. Ni útil ni no útil
 - d. Poco útil
 - e. Nada útil

4. ¿Has realizado las actividades siguiendo las recomendaciones ofrecidas por el sistema?
- Sí
 - La mayoría de las veces sí
 - A veces sí, a veces no
 - La mayoría de las veces no
 - No
5. ¿Qué te ha parecido que los contenidos que se te han presentado hayan sido adaptados a tu perfil? Si te gustan más las explicaciones con gráficos, el sistema te habrá presentado contenidos con más imágenes y menos texto; si te gustan las explicaciones mucho más detalladas en forma de texto, el sistema te habrá presentado la información de esta forma.
- Muy útil
 - Útil
 - Ni útil ni no útil
 - Poco útil
 - Nada útil
6. Si has utilizado en algún momento una PDA para conectarte al sistema:
- ¿Habías utilizado PDAs anteriormente para navegar por Internet? Si la respuesta es afirmativa, indica tu grado de experiencia midiéndolo en una escala del 1 al 10 (1 = la había utilizado muy esporádicamente, 10 = la utilizo habitualmente)
 - Sí
 - NoExperiencia:
 - ¿Te ha gustado poder realizar actividades utilizando la PDA?
 - Sí
 - Me resulta indiferente
 - No¿Por qué?

- Los contenidos presentados en este dispositivo, ¿tienen una longitud adecuada para su correcta visualización?

- a. Sí
- b. Regular
- c. No

¿Por qué?

- ¿Te pareció bien que el menú apareciera oculto cuando accedías con la PDA, pudiendo acceder a él desde el botón en la parte superior, o habrías preferido que se mostrara el menú desplegado?

- a. Me pareció bien dejar todo el espacio para los contenidos
- b. No sabe, no contesta
- c. Me habría gustado que apareciera el menú desplegado, aunque se redujera el espacio para contenidos

- ¿Qué tipos de actividades crees que son las más adecuadas para realizar en una pda (p.e actividades de repaso, ...)?

7. Como estudiante, ¿crees que son útiles los sistemas que recomiendan actividades que se pueden realizar en distintos dispositivos?

- a. Sí
- b. Me resulta indiferente
- c. No

¿Por qué?

8. Sobre el sistema, ¿es fácil de utilizar?

- a. Muy fácil
- b. Fácil
- c. Ni fácil ni difícil
- d. Un poco difícil
- e. Muy difícil

9. ¿Te ha servido para la preparación de la asignatura?

- a. Mucho

- b. Bastante
- c. Un poco
- d. Indiferente
- e. No mucho
- f. Nada

10. El hecho de disponer de esta web de recomendación de actividades ¿te ha motivado a estudiar más?

- a. Sí
- b. Me resulta indiferente
- c. No

11. Aparte de utilizar este sistema y las webs de apoyo de la asignatura, ¿has buscado en Internet más recursos relacionados con la asignatura (p.e. apuntes, ejercicios resueltos, mensajes en foros, blogs, ...)?

- a. Sí, bastante
- b. Alguna cosa puntualmente
- c. No, nada

12. Si no hubieras tenido este sistema y la web de apoyo ¿habrías buscado más, menos o igual cantidad de recursos en Internet?

- a. Más
- b. Igual
- c. Menos

13. ¿Qué te gustaría mejorar en el sistema?

14. Comentarios o sugerencias adicionales sobre la experiencia